LUCIEN CHRETIEN

LA TECHNIQUE TRANSCONTINENTALE

UNE NOUVELLE TECHNIQUE DE LA RADIO

UNE NOUVELLE SÉRIE DE LAMPES DE T. S. F.

Etienne CHIRON, éditeur, 40, Rue de Seine, PARIS-6e

LA TECHNIQUE TRANSCONTINENTALE

UNE NOUVELLE TECHNIQUE DE LA RADIO

UNE NOUVELLE SÉRIE DE LAMPES DE T. S. F.

EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

L. Chrétien.	La T.S.F. sans mathématiques
—	L'Art du dépannage et de la mise au point des postes de T.S.F.
—	Ondes courtes et très courtes.
—	Ce que tout auditeur doit savoir des lampes de T.S.F..
Teyssier.	Les lampes à plusieurs électrodes
Kiriloff.	Théorie et pratique des lampes de T.S.F.
Waesny.	Radio-électricité générale. Tome I : Etude des circuits et de la propagation.
Le Corbeiller.	Electro-acoustique
Kwal.	Les bases physiques de la télévision.

Tous droits de traduction et de reproduction réservés pour tous pays y compris la Suède, la Norvège et l'U.R.S.S.

Lucien CHRÉTIEN

LA TECHNIQUE TRANSCONTINENTALE

— UNE NOUVELLE — TECHNIQUE DE LA RADIO

UNE NOUVELLE SÉRIE DE LAMPES DE T. S. F.

Etienne CHIRON Editeur
40, Rue de Seine, Paris-VI[e]

INTRODUCTION

L'ouvrage que nous présentons au public traite tout particulièrement d'une nouvelle technique du tube de T.S.F. qui semble inaugurer une ère de stabilité.

Après une longue évolution, après les inévitables oscillations entre la technique européenne, cherchant le rendement, et la technique américaine, cherchant l'uniformité, il semble bien que les modèles actuels soient parfaitement stabilisés.

Il nous a donc semblé que le moment était venu de faire le point et de donner d'une façon précise, les indications nécessaires pour tirer des nouveaux tubes, tout ce qu'ils peuvent donner.

Mais, avant d'entrer dans des détails d'utilisation pratique, il était nécessaire de parcourir rapidement toutes les étapes qui ont conduit la technique du tube à vide depuis l'ancienne valve de Fleming, *jusqu'aux tubes modernes les plus compliqués, comme* l'Octode.

La première partie, qui traite élémentairement du fonctionnement des tubes et du rôle des différentes électrodes a été intitulée " Ce qu'il faut savoir des tubes modernes ".

La seconde partie traite tout spécialement de la Technique Transcontinentale ; on y trouvera la définition de tous les modèles actuels et la façon de les utiliser....

CE QU'IL FAUT SAVOIR DES TUBES MODERNES

LE TUBE ÉLECTRONIQUE

Pour savoir utiliser les outils merveilleux que sont les tubes à plusieurs électrodes, il est indispensable de comprendre leur fonctionnement. Il ne saurait être question, dans ce manuel, d'exposer la théorie complète de leur utilisation ou de leur calcul. Il nous semble toutefois utile de rappeler sommairement les principes de fonctionnement.

Pour atteindre ceux-ci, il est indispensable de rappeler en quelques phrases quelles sont les idées modernes sur la constitution de la matière.

Corps conducteurs

Il y a, dans l'univers, un nombre fort limité de corps simples; on en connaît actuellement quatre-vingt-douze et il est fort probable que ce nombre ne sera pas dépassé. Un fragment quelconque d'un corps simple est constitué par des molécules identiques. Ces molécules sont, à leur tour, constituées par des atomes. Ainsi, par exemple, la molécule de l'hydrogène est constituée par la réunion de deux atomes identiques.

L'atome est donc le constituant essentiel de la matière. On peut l'imaginer sous la forme suivante : une partie centrale, positivement électrisée, d'une densité extraordinairement élevée, appelée noyau, autour de laquelle gravitent les électrons.

En somme, l'atome est un système solaire en miniature dans lequel le noyau représente le soleil, les électrons sont les planètes. Le noyau est probablement un assemblage très complexe. Sans entrer dans des détails qui seraient ici hors de leur cadre, nous nous bornerons à remarquer que la nature du noyau définit la personnalité de l'atome. Ainsi, un noyau d'hydrogène est différent d'un noyau d'oxygène.

Mais autour de ces deux noyaux circulent des électrons qui sont identiques. Ces satellites diffèrent seulement en nombre. Alors qu'un seul électron tourne autour du noyau d'hydrogène, il y en a huit autour du noyau d'oxygène.

Qu'est-ce que l'électron ?

On peut définir simplement et commodément l'électron comme une particule d'électricité négative. C'est cela, et pas autre chose. L'électron est de l'électricité à l'état pur, sans aucun support de matière. Mais les idées modernes tendent à ne faire aucune distinction entre la matière et l'électricité. C'est ainsi que l'électron étant porteur d'une certaine énergie est, par cela même, doué d'une certaine masse. Cette masse est, d'ailleurs, variable avec la vitesse...

Les forces qui retiennent l'électron autour du noyau sont de nature électriques. Il y a évidemment une attraction puisque le noyau de l'atome est positivement électrisé, alors que l'électron est constitué par de l'électricité négative.

Qu'est-ce qu'un ion ?

Un atome normal est électriquement neutre. La charge positive du noyau est exactement équilibrée par les charges négatives des électrons. Si le noyau définit exactement la personnalité de l'atome, il n'en est pas de même du nombre d'électrons. Un atome peut perdre ou acquérir un ou deux électrons supplémentaires. A ce moment il sera positivement électrisé et il le sera négativement dans le second cas. Dans les deux cas, il ne sera plus un atome, mais un ion. Les propriétés de l'ion peuvent être nettement différentes de celles de l'atome ; elles constituent une branche fort intéressante de la Physique. Mais notre intention est de suivre plutôt l'électron dans ses périgrinations.

Les électrons migrateurs

Certains électrons, ceux dont les orbites sont extérieures au système solaire en miniature constitué par l'atome, sont particulièrement mobiles. Ils quittent leur trajectoire pour passer sur une autre trajectoire. Ils peuvent franchir plusieurs milliers d'atomes avant de se fixer de nouveau.

Ce mouvement est influencé par la température du corps. La chaleur a pour résultat de produire une vibration sur place du noyau atomique. L'amplitude de cette vibration est d'autant plus grande que la température est plus élevée. On imagine facilement que ces mouvements atomiques peuvent gêner considérablement les mouvements capricieux des électrons qui sautent de leur atome à un autre atome.

A la température ordinaire, un électron franchit, par exemple, 4 ou 500 atomes (en moyenne). Si la matière est portée à une température de 2.000 degrés, l'électron vagabond ne franchira plus qu'une dizaine d'atomes...

Il est remarquable de constater que la vitesse de parcours des électrons ne dépend pas de la température. Elle est sensiblement la

même dans tous les cas et atteint, en moyenne, le chiffre considérable de 1.000 kilomètres par seconde.

Les hasards de l'agitation électronique conduisent naturellement des électrons au voisinage de la surface du corps conducteur. Emportés par leur élan, ne vont-ils pas franchir cette frontière ? Non, parce que, dans les conditions normales, ils rencontrent les molécules d'air dans lesquelles baigne notre corps.

Mais il en sera tout autrement si nous plaçons le conducteur dans une ampoule où le vide le meilleur a été réalisé (1). Dans ces conditions, des électrons peuvent s'évader et quitter la matière.

Cette évasion, ou, si l'on préfère, cette vaporisation des électrons s'opérera d'autant plus facilement que la température du conducteur sera plus élevée. Ce résultat est évidemment amené par la gêne considérable que les vibrations des noyaux imposent aux électrons libres. Des chocs se produisent, beaucoup plus nombreux et plus violents et, aux hasards de ceux-ci, les électrons sont projetés au dehors.

Certains corps perdront beaucoup plus facilement leurs électrons. Dans l'application qui nous intéresse il était intéressant de chercher systématiquement quels sont ces corps particuliers. C'est ainsi qu'on a pu découvrir qu'au rouge sombre, certains oxydes de baryum, de strontium, de thorium, etc... émettaient autant et même plus d'électrons que certains métaux comme le tungstène, à la température du blanc éblouissant.

La cathode productrice d'électrons

Ces remarques nous donnent le moyen de produire des électrons.

Ainsi, un simple filament de tungstène constituera un radiateur d'électrons, si nous le chauffons à une température suffisante. En pratique, il faut atteindre des températures de l'ordre de 1.800 à 2.000 degrés centigrades.

Ce filament producteur d'électrons était celui des premiers tubes de T. S. F. (Lampe T. M.)

On améliore singulièrement le rendement en électrons en constituant le filament par un alliage de tungstène et de thorium. L'émission se produit alors facilement à la température du rouge cerise ou jaune. Il en résulte une facilité beaucoup plus grande pour améliorer l'émission. Le filament de la lampe T. M. consommait environ 3 watts; alors que le filament de la lampe micro, pour la même vaporisation d'électrons, ne consommait que 0,3 watt environ.

(1) Il faut bien remarquer que ce vide parfait est tout à fait relatif. Les moyens les plus puissants des physiciens ne permettent pas d'atteindre à beaucoup près, le vide absolu. Dans le meilleur vide que nous puissions réaliser, il y a encore plus de mille millions d'atomes par cm^3.

Remarquons qu'à cette époque, il était fort important de dépenser une puissance aussi faible que possible pour le chauffage du filament parce que les récepteurs étaient exclusivement alimentés par accumulateurs et piles.

Filaments à oxydes

Il ne saurait être question de constituer un filament avec des oxydes doués, comme nous l'avons vu, de la faculté d'émettre facilement des électrons, parce que ces oxydes sont de mauvais conducteurs du courant.

Mais on tourne la difficulté en déposant ces précieux oxydes sur un filament dont le rôle n'est plus d'émettre des électrons mais d'échauffer simplement la couche d'oxydes. Le départ des électrons est, ne l'oublions pas, notre but. Les électrons fugitifs seront plus nombreux si la surface du filament est plus grande. C'est pourquoi on cherche à accroître la surface du filament soit en l'applatissant en un mince ruban, soit en lui donnant des formes plus ou moins compliquées.

Ce type de filament est utilisé à l'heure actuelle dans de nombreux modèles de tubes, en particulier dans les valves de redressement et les tubes de puissance.

Cathode à chauffage indirect

Enfin, on peut séparer électriquement, d'une manière complète, le filament chauffant (fig. 1) et la couche émettrice d'électrons.

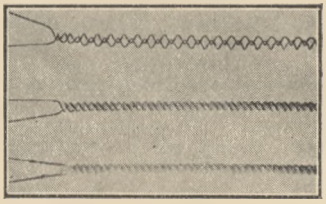


Fig. 1

Les deux fonctions sont nettement séparées ; la chaleur du filament de tungstène étant transmise par rayonnement ou par conduction

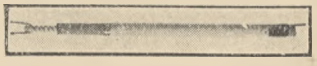


Fig. 2

à un tube métallique qu'on recouvre des oxydes émetteurs d'électrons.

On obtient ainsi la forme la plus répandue de la cathode productrice d'électrons : la cathode à chauffage indirect (fig. 2).

TUBE DIODE

Plaçons, dans une ampoule vide d'air, une cathode portée à la température d'émission des électrons. Nous avons signalé plus haut que la vitesse des électrons était en moyenne de 1.000 kilomètres par seconde. Mais certains électrons quittent la cathode à 1.000 km. par seconde, d'autres à 2.000 et d'autres à 500...

En vertu de ce que nous avons étudié plus haut, un électron qui quitte un atome laisse derrière lui un ion positivement électrisé. Il ne saurait donc aller bien loin parce que cet ion l'attire... Plus il y aura d'électrons chassés hors de la cathode et plus la cathode sera positivement électrisée, c'est-à-dire plus elle s'opposera avec vigueur au départ des électrons.

De nombreux électrons quitteront la cathode mais ne tarderont pas à y retomber parce qu'ils auront heurté une molécule de gaz ou même un autre électron. Ils rebondissent. Leur force vive change de sens, et, aidés en cela par l'attraction, ils retombent sur la cathode.

En réalité, la cathode s'entourera d'un invisible brouillard d'électrons de moins en moins dense à mesure qu'on s'éloignera d'elle (fig. 3).

Dans l'ampoule vide d'air, à quelques millimètres de la cathode incandescente, plaçons une plaque métallique.

Il est certain que des électrons pourront l'atteindre. Le nombre en sera d'autant plus grand que la plaque sera plus proche de la cathode. La plaque acquérant un supplément d'électrons se char-

Fig. 3

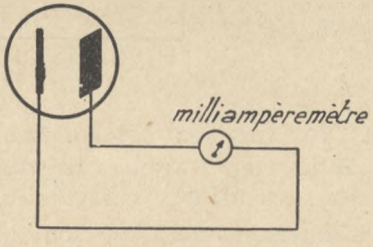


Fig. 4

gera négativement par rapport à la cathode. Cela veut dire qu'une différence de potentiel naîtra entre les deux et qu'en conséquence, un courant circulera si nous fermons le circuit (fig. 4).

Ainsi nous avons constitué le plus simple des tubes électroniques : *le tube diode*. Etudions ses propriétés.

Propriétés du tube diode

A l'aide du montage fig. 5 appliquons sur la plaque la tension positive de la pile P. Le *courant anodique* devient immédiatement beaucoup plus important. Ce n'est plus maintenant le hasard des départs qui envoie les électrons vers la plaque mais l'attraction exercée par la tension positive. On dit encore que la tension de la plaque ou *tension anodique* sert à vaincre la *charge d'espace.* On peut considérer (fig. 3) que l'essaim d'électrons, réunis autour de la cathode, constitue une charge électrique répartie dans l'espace, qui repousse vers la cathode les électrons fugitifs.

L'attraction anodique, ou, ce qui revient au même, l'action sur la charge d'espace est d'autant plus élevée que la tension appliquée est plus forte. A mesure que croît cette tension, nous observons une augmentation d'intensité anodique. Il y a cependant une limite : à partir d'une certaine tension, le courant anodique demeure invariable. On dit qu'on a atteint le *courant de saturation.* Cet effet se produit quand tous les électrons disponibles sont captés. On ne peut alors accroître l'intensité qu'en augmentant la température de la cathode.

En réalité, cette limite est plus théorique que pratique. Les

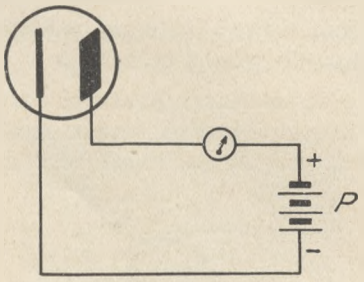


Fig. 5

cathodes modernes sont si généreuses en électrons qu'il serait dangereux de les faire travailler au voisinage de l'intensité de saturation : elles seraient hors d'usage bien avant d'arriver à cette limite.

Si, maintenant, nous inversons le sens de la tension anodique, rendant ainsi la plaque négative par rapport à la cathode, nous observerons qu'aucun courant ne traverse plus le circuit. Cela s'explique : l'action de la plaque s'ajoute à celle de la *charge d'espace* pour repousser vigoureusement les électrons. En réalité, il suffit d'appliquer quelques dixièmes de volts négatifs sur la plaque pour que tout courant cesse.

De cette expérience nous pouvons conclure que le tube diode est un redresseur puisque les électrons ne peuvent le traverser que

dans la direction qui va de la cathode à l'anode. Nous verrons plus loin quelles sont ses applications.

TUBE TRIODE

Pour passer du tube diode au tube triode, il suffit d'ajouter une électrode entre la cathode et la plaque ou anode. Cette électrode est généralement constituée par une spirale métallique à pas plus serré ; on l'appelle, à cause de cela, *la grille*.

Examinons qu'elle est son action.

Action de la grille

Supposons d'abord que la grille ne soit reliée à rien. Il n'est pas difficile d'imaginer que son action sera nulle. Notre tube se comportera exactement comme un tube diode. Les électrons traverseront la grille et s'en iront jusqu'à la plaque si l'attraction anodique est suffisante. Quelques-uns se heurteront sans doute à la matière de la grille mais ils seront une infime minorité. Et puis, d'ailleurs, ces chocs peu nombreux ne peuvent avoir comme conséquence qu'une faible déviation dans certains trajets.

Nous aurons, exactement comme pour le tube diode, la possibilité de faire varier le courant anodique en agissant sur la tension anodique.

Imaginons maintenant que nous portions la grille à une tension fortement négative par rapport à la cathode.

A quelles influences va obéir un électron prêt à quitter la cathode ?

Il obéit tout d'abord à sa vitesse propre ; quantité évidemment variable dont la moyenne seule peut être évaluée.

C'est, à l'instant du départ, la seule force vive qui le sollicite. A peine a-t-il quitté la surface qu'il se trouve dans un champ électrique complexe.

Il y a d'abord le champ de la grille dont l'action repousse l'électron, puisque nous supposons qu'elle est fortement négative par rapport à la cathode.

Ensuite, il y a le champ attractif de l'anode portée à une tension positive.

Enfin, il y a l'influence de *la charge d'espace* qui vient s'ajouter à celle de la grille. Si la tension grille est fortement prépondérante, il est certain que son action sera dominante. Il faut, en effet, faire intervenir la question des distances, car la grille est au voisinage même de la cathode.

Ces actions diverses auront finalement une résultante répulsive et tous les électrons issus de la cathode retomberont sur elle ou s'amasseront dans son voisinage.

Il n'y aura aucun courant anodique.

L'influence, déjà signalée, du voisinage de la grille et de la cathode est telle, en réalité, qu'une tension négative de quelques volts suffira pour contrebalancer l'influence de plusieurs centaines de volts appliqués sur l'anode.

Si maintenant nous réduisons progressivement la tension de grille, il est évident que l'influence répulsive va diminuer. Un moment viendra où quelques électrons, plus rapides que les autres, pourront franchir la grille. Dès qu'ils en sont là, ils atteignent forcément l'anode car, dès que la grille est franchie, son action répulsive continuant, les pousse vers l'anode, et s'ajoute, finalement, à l'action attractive de cette dernière.

En d'autres termes un électron, dans son voyage vers la grille, subit successivement les actions suivantes :

a) Il se précipite vers l'anode et la grille, emporté par sa force vive.

b) L'action de la plaque est attractive, l'action de la grille est répulsive. A mesure que l'électron s'approche de la grille, l'action répulsive augmente. Le résultat est un freinage progressif de l'électron. La force vive diminue.

1° Si elle est insuffisante, l'électron retombe sur la cathode ou séjourne à son voisinage.

2° Si elle est suffisante, il franchit la grille.

3° A ce moment, la grille chasse l'électron vers la plaque. Son action s'ajoute à celle de l'anode. Le mouvement de l'électron vers la plaque est donc accéléré.

Ainsi donc nous verrons naître un courant anodique de plus en plus intense à mesure que la tension de grille sera de plus en plus réduite.

Cette remarque nous donne donc un second moyen de faire varier le courant anodique : en agissant uniquement sur la tension de grille.

Ce régime se poursuivra sans changement jusqu'au moment où la tension de grille deviendra voisine de la tension de la cathode.

Aucun électron ne peut atteindre la grille tant qu'elle est négative. Un électron qui s'approche de cette électrode éprouve une répulsion de plus en plus vive à mesure que la distance décroît.

Cette action répulsive diminue à mesure que la tension de grille devient plus voisine de celle de la cathode.

Lorsque l'écart n'est plus que de quelques dixièmes de volts, certains électrons plus rapides peuvent atteindre la grille et donnent alors naissance à un *courant de grille.*

Le tube triode est un relais

Le tube triode est un relais perfectionné. C'est un relais parce que l'application de quelques volts sur la grille permet d'établir ou de couper le courant anodique, c'est-à-dire le courant d'une source de plusieurs centaines de volts.

Mais c'est un relais autrement intéressant que les relais mécaniques parce que :

a) Il n'a aucune inertie appréciable. Le mouvement des électrons est si rapide qu'on peut, pour toutes les fréquences actuellement utilisées en T. S. F., considérer que l'action est instantanée.

b) Il ne consomme aucune énergie, puisqu'il n'y a pas de courant de grille. En allant au fond des choses, on verrait que la seule puissance dépensée est celle qui est nécessaire pour charger le minuscule condensateur constitué par la grille et la cathode.

c) L'action obtenue dépend de la tension appliquée sur la grille. Un relais mécanique procède par tout ou rien. Ici, l'action anodique (ou circuit de plaque) est exactement dosée par l'action du circuit de grille...

Coefficient d'amplification

De légères variations dans la tension de grille ont pour répercussion immédiate des variations dans le courant d'anode. Pour obtenir directement ces mêmes variations, il aurait fallu produire des grandes variations de tension anodique. Il y a donc là ce qu'on a convenu d'appeler *un effet amplificateur*. On a naturellement cherché à chiffrer cet effet.

Si nous faisons varier la tension grille de 0,1 volt, nous obtiendrons une certaine variation de courant anodique. Pour obtenir cette même variation sans toucher au circuit de grille, il aurait fallu, par exemple, faire varier la tension anodique de 3 volts.

On dit alors que le coefficient d'amplification du tube est de

$$\frac{3}{0,1} \text{ ou } 30.$$

Résistance intérieure ou impédance

Dans un circuit électrique quelconque, il y a toujours une relation simple, qui est la loi d'Ohm, entre la tension appliquée, l'intensité de courant et l'impédance.

En courant continu l'impédance se confond avec la résistance.

Supposons qu'un circuit d'impédance fixe soit parcouru par une intensité de 0,5 ampère.

Une variation de tension de 1 volt amène l'intensité à être de 0,7 ampère. La variation de courant est de 0,2 ampère. On en conclut que l'impédance en circuit est de : $\frac{1}{0,2}$ ou 5 ohms.

Cette notion d'impédance peut, par analogie, être étendue au tube triode. On la déterminera exactement de la même façon.

Nous observerons, par exemple, un courant de 6 milliampères pour une tension anodique de 200 volts.

Ce courant est de 6,5 milliampères pour une tension de 205 v.

Nous en concluerons que l'impédance ou résistance interne est de :

$$Ri = \frac{205 - 200}{0{,}0065 - 0\,006} = 10.000 \text{ ohms.}$$

Pente, inclinaison ou transconductance

Il est évidemment intéressant de savoir quelle variation de courant anodique produit une variation donnée à la tension de grille. C'est ce que nous apprend précisément la constante qu'on nomme la *pente* ou *inclinaison*.

Cette valeur s'exprime généralement chez nous en milliampères par volt. L'unité est assez claire pour se passer de définition.

Nous avons reconnu qu'un certain tube triode avait un courant anodique de 0,006 A dans les conditions fixées.

Faisons varier d'un volt la tension de grille.

Le courant n'est plus que de 0,003 A. Nous en concluerons que la pente est de 3 milliampères par volt.

En Amérique et en Angleterre, cette même constante se nomme la transconductance ou la « Mutual conductance »; elle s'exprime en mho (ohm écrit à l'envers) ou en micromho. Une pente de 3 mA/V équivaut à une transconductance de 3.000 micromhos.

On pourrait facilement montrer que résistance interne Ri, coefficient d'amplification K et pente (S) sont liés par la relation simple :

$$S = \frac{K}{Ri}$$

La pente étant alors exprimée en *ampère par volt* ou en *mho*.

Signification physique de l'impédance

On peut sans difficulté se faire une image physique de la résistance d'un conducteur. Un corps est plus ou moins résistant suivant que des molécules s'opposent plus ou moins énergiquement au déplacement des électrons vagabonds. La résistance est donc finalement le résultat des chocs entre les électrons et les molécules... Ce choc se traduit par de la chaleur et par une consommation de puissance (effet Joule).

Mais dans le tube électronique ? Où localiser cette résistance ? Certes, pas dans le trajet entre la cathode et l'anode puisque le parcours a lieu dans le vide.

Malgré que notre vide soit loin d'être parfait, les chocs entre

électrons et molécules de gaz résiduel sont assez rares pour qu'on puisse les négliger...

Le choc a lieu évidemment à l'arrivée. L'électron est un projectile mille fois plus rapide que la balle d'un fusil de guerre. Il a une masse, il représente, par conséquent, une énergie cinétique dont la disparition entraîne nécessairement l'apparition d'une quantité de chaleur correspondante.

La balle qui frappe la cible est brûlante... C'est donc à l'arrivée sur l'anode que se localise la résistance interne et la puissance électrique consommée par effet joule apparaît exclusivement sur cette électrode.

Ainsi nous ne serons pas étonné de constater que l'anode s'échauffe. Nous en aurons la démonstration directe pour peu que nous exigions de notre tube un régime de fonctionnement excessif. Nous verrons alors l'anode devenir rouge sombre, puis rouge cerise, etc., à mesure que la *puissance dissipée* deviendra plus grande.

Géométrie du tube et constantes

Les constantes du tube dépendent de la « géométrie » des électrodes, c'est-à-dire des relations de distances qui existent entre la cathode, la grille et l'anode. Elles dépendent aussi de la nature de la cathode, de sa surface, etc...

Il ne peut être question de traiter ces problèmes en détail dans cette étude élémentaire. Nous indiquerons seulement quelques détails choisis comme exemple.

Supposons l'anode fixée à une distance déterminée de la cathode. Le coefficient d'amplification sera d'autant plus grand que la grille sera plus proche de la cathode. Il sera également plus grand avec une grille à pas serré qu'avec une grille à pas lâche...

La résistance interne sera plus grande si la plaque est loin de la cathode. Une cathode plus généreuse en électrons donnera une résistance interne plus faible.

Cette « générosité » en électrons dépend de la matière employée sur la cathode, de la surface active et de la température.

En vertu de cela, on pourrait croire qu'il est possible de construire une lampe triode ayant, par exemple, un coefficient d'amplification énorme. Or, il n'en est rien, comme nous le verrons plus loin.

Régimes spéciaux de fonctionnement

Nous avons arrêté l'étude du fonctionnement au moment où naissait *le courant de grille*. Ce courant commence à circuler pour une tension négative de grille de quelques dixièmes de volt. La répulsion produite par la grille n'est plus suffisante pour vaincre

la force vive de certains électrons qui peuvent, alors, atteindre l'électrode.

L'effet s'accentuera naturellement à mesure que la différence de tension entre cathode et grille diminuera.

Dans certains régimes de fonctionnement, il est possible que non seulement la tension de grille s'annule, mais encore qu'elle devienne *positive*. Il est par conséquent utile de connaître ce qui se passe dans ces conditions.

Le courant anodique continue de varier dans le même sens que la tension de grille. En même temps, le courant de grille augmente.

Ce régime se poursuit même pour des tensions de grille fortement positives.

Un changement n'advient que lorsque tous les électrons disponibles de la cathode sont absorbés soit par la grille, soit par l'anode.

A ce moment, l'intensité du courant grille continuant de croître, on observe une diminution du courant de plaque.

Limitation des constantes

Revenons sur le point déjà évoqué plus haut. Il semble qu'on puisse construire un tube triode ayant un coefficient d'amplification aussi grand que l'on veut. Nous allons reconnaître rapidement qu'il n'en est rien.

Pour accroître le coefficient d'amplification, nous avons le choix entre trois méthodes.

a) **Rapprocher la grille de la cathode.**

Supposons même qu'il soit possible de rapprocher indéfiniment la grille de la cathode. Un tel tube n'aurait pas un fonctionnement normal. En effet, le voisinage de la cathode aurait pour effet d'échauffer anormalement la grille et il se pourrait que celle-ci émettre à son tour des électrons (*émission secondaire*) ce qui, naturellement, troublerait le fonctionnement.

b) **Eloigner la plaque.**

La résistance intérieure deviendrait énorme. Cela peut ne pas être un inconvénient. Mais on observe aussi que la moindre tension négative de grille amène l'annulation du courant anodique. Or, il faut nécessairement que, dans le cours du fonctionnement, la grille demeure toujours négative.

Pour que cette dernière condition soit réalisable, il faut adopter une tension anodique dépassant 1.000 volts, ce qui est prohibitif.

c) **Choisir une grille à pas serré.**

Le cas est semblable au précédent.

En réalité, il n'est pratiquement guère possible de construire des triodes dont le coefficient d'amplification dépasse 100.

Défauts de la lampe triode

Ainsi que nous l'expliquerons plus loin, ces défauts ne se manifestent que pour certaines applications; comme, par exemple, l'amplification à haute fréquence. Mais ils sont suffisamment graves pour justifier la recherche de perfectionnements.

Ainsi, par exemple, la faiblesse du coefficient d'amplification limite forcément l'amplification qu'on peut obtenir avec un étage. Bien mieux, même si le « gain » par étage pouvait être rendu beaucoup plus considérable, l'emploi d'une lampe triode en haute fréquence se heurterait à des impossibilités.

La cause de celles-ci, c'est qu'il existe obligatoirement une capacité notable entre la grille et la plaque.

En conséquence, toute variation de tension de plaque se traduit secondairement par une réaction sur le circuit de grille. La tension ainsi retransmise se trouve amplifiée de nouveau par la lampe. Le résultat, c'est que le montage est instable et que des phénomènes d'oscillations spontanées interviennent dès que l'amplification dépasse un certain niveau. Il faut volontairement réduire l'amplification ou faire appel à des circuits compliqués et délicats pour neutraliser l'influence de la capacité parasite (circuits neutrodynes).

On s'est contenté de ces solutions incomplètes jusqu'à l'apparition d'un nouveau tube qui est en réalité un important perfectionnement de la lampe triode et qui en diffère par l'adjonction d'une électrode supplémentaire dont nous allons examiner le rôle.

TETRODE OU LAMPE A GRILLE ECRAN

Puisque le principal défaut du tube triode est la présence d'une importante capacité entre la grille et l'anode, on peut s'attaquer directement au problème en réduisant à l'extrême cette capacité.

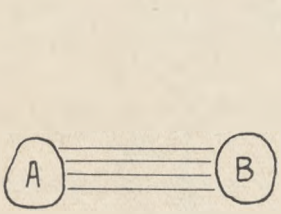


Fig. 6

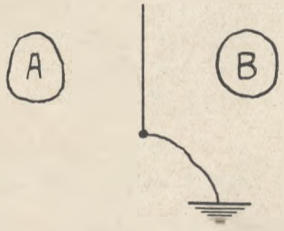


Fig. 7

Deux conducteurs quelconques, séparés par un diélectrique ou un isolant ont une *capacité*. Cette valeur électrique dépend des dimensions des corps, de leur distance et de la nature diélectrique. Ainsi, il existe une certaine capacité entre les corps A et B (fig. 6). Cette capacité sera, en quelque sorte, schématisée par l'existence

d'un *champ électrique* ou de *lignes de force,* dès qu'une différence de potentiel apparaîtra entre les deux corps.

Il existe un moyen d'annuler sensiblement cette capacité. Il consiste simplement à intercaler entre les deux corps un corps conducteur relié à la terre (ou à tout point à potentiel fixe), qui intercepte toutes les lignes de force (fig. 7). En opérant ainsi on aura remplacé la capacité mutuelle des deux corps par une capacité de chacun d'eux par rapport au sol.

Il n'y aura pas grand chose de changé si le corps conducteur est constitué par un grillage métallique...

Et cette remarque nous donne le moyen d'annuler presque absolument la capacité anodique-grille du tube électronique.

Pour cela, disposons une deuxième grille entre la première grille

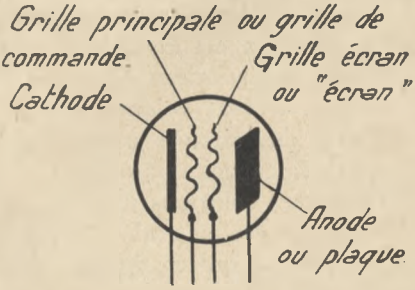


Fig. 8

et l'anode (fig. 8). Ainsi nous aurons constitué *la lampe à grille écran.*

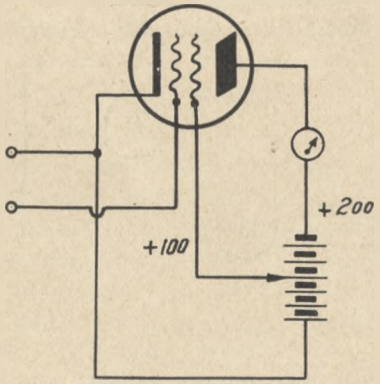


Fig. 9

Mais pour que la capacité soit efficacement supprimée, il est nécessaire que la tension de l'écran soit fixe.

On pourrait songer à relier l'écran à la cathode. Le but serait ainsi atteint mais, en même temps, un effet fâcheux serait obtenu. L'action de l'écran agirait en sens inverse de la tension de plaque. Le flux électronique serait considérablement freiné et le fonctionnement ne serait possible qu'avec des tensions anodiques considérables. Or, à propos du tube triode, nous avons considéré l'emploi d'une tension anodique trop élevée comme un défaut capital.

Mais relions, par exemple, l'écran à une tension égale à la moitié de la tension anodique (fig. 9). De la sorte, l'action de l'électrode nouvelle est accélératrice. Son action s'ajoute directement à celle de l'anode et l'aide à vaincre la charge d'espace. Bien mieux, au voisinage de la cathode, on peut même dire que l'action de l'écran, plus proche que la plaque, est prédominante. Cela nous fournit la possibilité d'éloigner l'anode et de donner au tube un coefficient d'amplification plus élevé.

Fonctionnement général

Cette adjonction d'une quatrième électrode ne changera rien au principe de fonctionnement. Le flux électronique, issu de la cathode, sera contrôlé par la tension de grille exactement comme dans le tube triode. Une certaine tension négative amènera la suppression complète de tout courant anodique. Un courant de grille commencera à se produire pour de faibles valeurs de polarisation (ou tension de grille).

Nous constaterons que certains électrons sont captés par l'écran et que leur ensemble constitue un « *courant d'écran* ». Mais au niveau de l'écran, il est normal que l'influence de la plaque soit prédominante, à cause de la tension plus élevée. Dans ces conditions, les nombreux électrons cathodiques terminent leur voyage sur l'anode.

Les constantes générales se définissent de la même façon, mais on peut prévoir qu'elles ne seront valables que pour une seule valeur de la tension d'écran. Ce facteur a évidemment une influence sur l'accélération des électrons au départ et doit forcément réagir sur toutes les constantes.

Les constantes comparées à celles d'un tube triode

Ce qui a conduit à la conception du tube tétrode, c'est certains défauts de la lampe triode et, plus particulièrement, la capacité grille-plaque. Il est donc intéressant de comparer les deux tubes à ce point de vue.

La capacité grille-plaque d'un excellent tube triode (E 424 N) est de 2 micro-microfarads.

Pour une lampe à grille-écran de même fabrication (E 455), la

capacité parasite est de 0,003 micro-microfarad. C'est dire qu'elle est 600 fois plus petite...

Pour les mêmes tubes, le coefficient d'amplification est de 24 pour le tube triode et de 700 pour le tube à grille-écran.

La résistance interne est considérablement plus élevée pour la lampe tétrode. Elle atteint 350.000 ohms.

Nous reconnaîtrons plus loin que c'est encore un avantage. Une attention particulière doit être portée à la valeur de l'inclinaison qui atteint 2 mA/V pour la E 455.

Les émissions secondaires

Nous avons supposé que la tension grille-écran était fixée à une valeur moitié de la tension anodique. Examinons ce qui peut advenir si, pour une raison quelconque, la tension écran est du même ordre de grandeur que la tension anodique.

Des électrons beaucoup plus nombreux atteindront l'écran. Un certain nombre pourra cependant atteindre l'anode.

Un électron qui atteint l'anode ne s'y enfonce pas forcément du premier coup, comme une balle dans une planche. L'électron peut rebondir comme une balle de tennis sur un court et repart en sens inverse.

Bien mieux, dans certains cas, l'électron projectile peut détacher deux ou trois électrons du métal de l'anode.

Ce phénomène se produit aussi bien, d'ailleurs, dans une lampe triode. Mais ces électrons secondaires, doués d'une faible vitesse, retombent finalement sur l'anode. Ainsi, le fonctionnement n'est nullement troublé.

Dans la lampe tétrode, si la tension écran et la tension plaque sont voisines, la faible vitesse des électrons secondaires suffira à les conduire vers l'écran.

On dit, dans ce cas, qu'il y a *émission secondaire*. Cette émission n'est naturellement pas contrôlée par les tensions de grille. C'est une cause d'instabilité. Certaines précautions permettent d'éviter ces inconvénients quand il s'agit de l'amplification de faibles tensions.

Pour certaines autres applications, il faut renoncer à l'emploi de la lampe tétrode lorsque, par exemple, les tensions développées dans le circuit anodique sont importantes et peuvent pratiquement être du même ordre de grandeur que la tension anodique.

Renoncer à l'emploi du tube tétrode ne veut nullement dire renoncer à ses avantages. On a cherché, au contraire, à les conserver et, pour cela, on a inventé le tube penthode lequel, comme son nom l'indique, possède une électrode supplémentaire.

LE TUBE PENTHODE

Pour arrêter les électrons vagabonds, il était tout indiqué de leur opposer la barrière d'une électrode. De cette idée naquit la lampe penthode. Nous pourrons la schématiser comme sur la fig. 10. L'électrode supplémentaire est placée entre l'écran et la plaque.

Cette électrode ou grille d'arrêt (que les anglo-américains nomment « *suppressor* ») est généralement reliée à la cathode. On comprendra facilement le fonctionnement.

La grille d'arrêt est à pas très lâche. Elle n'a pratiquement aucune action contre les électrons normaux qui sont animés d'une grande vitesse.

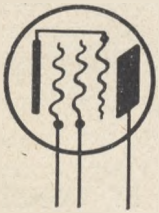


Fig. 10

Mais cette électrode est fortement agissante contre les électrons secondaires qui n'ont qu'une faible vitesse. La grille d'arrêt a une action décisive : un électron ne peut revenir en arrière.

Il ne peut donc pas y avoir d'émissions secondaires et le fonctionnement est beaucoup plus stable. La penthode conserve tous les avantages des lampes à grille-écran et concourt efficacement à la réduction de la capacité interne.

TUBES COMPLEXES

Les tubes complexes peuvent être considérés comme la réunion dans une seule ampoule de deux ou même plusieurs tubes élémentaires que nous venons de décrire. La cathode est généralement commune.

Les dénominations choisies peuvent définir les combinaisons d'électrodes en présence. C'est le cas, par exemple, de la duo-diode-triode (ou duplex diode triode). On comprend immédiatement qu'il s'agit d'un tube qui comporte : deux diodes et une triode.

Dans d'autres cas, on se borne à signaler le nombre total des électrodes. Ainsi, une octode est un tube qui comporte 8 électrodes. En fait, lorsque l'utilisation de l'octode est normale, on peut la considérer comme constituée par un tube triode associé à un tube penthode. La cathode est commune aux deux combinaisons ainsi qu'une grille. Par contre, la triode a une anode séparée.

Dans les tubes complexes utilisés le plus souvent, on peut généralement distinguer :

une cathode (chargée d'émettre des électrons) ;
une anode (chargée de recueillir le résultat) ;
une grille de commande principale (chargée de recueillir les tensions à l'entrée) ;
un certain nombre d'électrodes auxiliaires qui peuvent être des grilles, des grilles-écran ou des anodes.

Ces tubes complexes ont généralement été étudiés dans le but d'assurer dans les meilleures conditions une fonction bien déterminée.

Ainsi, par exemple, une octode est destinée à être utilisée pour le changement de fréquence. Une duo-diode-triode est destinée à assurer la détection. Cela ne veut pas dire, d'ailleurs, qu'on ne puisse employer ces lampes dans d'autres fonctions.

Nous aurons, plus loin, l'occasion de revenir plus longuement sur certains de ces tubes.

CARACTERISTIQUES ET CONSTANTES D'UN TUBE

Un appareil électrique est défini par des constantes et des caractéristiques. Ainsi, on saura comment utiliser un moteur dont les constantes sont, par exemple :

Moteur universel
Puissance : 1/10 de CV.
Tours par minute : 2.500.
Tension alimentation : 115 v.

Ces constantes élémentaires ne suffisent point pour connaître exactement le moteur, il faudrait pour le compléter en exiger beaucoup d'autres dont nous nous bornerons à signaler quelques-unes : dimensions, rendement, échauffement pour différentes puissances, etc...

On pourrait tracer différentes courbes qui nous permettraient de prévoir, par exemple, la vitesse de rotation lorsqu'on ne demande au moteur que le 1/4 de sa puissance maximum, la courbe de rendement en fonction de la puissance, etc...

Il en est évidemment de même pour les tubes électroniques.

Au cours des pages précédentes, nous avons eu l'occasion de définir les principales constantes :

Coefficient d'amplification,
Résistance ou impédance interne,
Pente, inclinaison ou transconductance.

Ces constantes principales ne sont pas les seules. L'échauffement de la cathode est obtenu à l'aide d'un filament. Il importe

donc de connaître la tension d'alimentation ainsi que l'intensité du courant de chauffage.

Puissance dissipée

Nous savons que l'arrivée des électrons sur l'anode ou, généralement sur une électrode quelconque, produit un échauffement dû à la dissipation de puissance. Pour une forme et une dimension données des électrodes, il est certain qu'on ne peut dépasser une puissance donnée. En effet, la température de l'électrode pourrait atteindre le rouge sombre, puis le rouge vif, c'est-à-dire le commencement de l'incandescence. Des électrons secondaires seraient émis et le fonctionnement serait profondément troublé. La durée de vie de la lampe pourrait être considérablement réduite.

Le constructeur du tube impose donc toujours des constantes de fonctionnement dont le calcul a été fait avec un coefficient de sécurité suffisant. Le constructeur indiquera, par exemple, que dans les conditions normales d'emploi, la puissance maximum dissipée ne doit pas dépasser 9 watts pour un certain modèle de tube.

Pour d'autres modèles, il indiquera la tension anodique et la tension d'écran maximum. Comme, d'autre part, il indique la polarisation et même le courant normal, cela revient exactement au même.

Nous verrons que la notion de puissance dissipée est surtout importante quand il s'agit de lampe de puissance.

Autres caractéristiques

D'autres constantes doivent nécessairement être connues.

Tension de chauffage du filament.

Intensité de courant de chauffage.

Tension des électrodes auxiliaires.

Tension maximum à admettre entre cathode et filament.

Courant électronique maximum fourni par la cathode.

Certaines constantes sont utiles à connaître dans certain cas particulier :

Capacité entre cathode et grille.
— — — et écran.
— — — et anode.
— — grille et anode, etc.

Courbes caractéristiques

Les courbes caractéristiques d'un tube permettent de juger d'un coup d'œil quelles sont ses possibilités et ses qualités.

Les caractéristiques les plus usuelles sont :

a) celle qui donne l'intensité de courant anodique en fonction de la tension de grille ;

b) celle qui donne l'intensité de courant anodique en fonction de la tension anodique.

Cas de la triode

D'après ce que nous savons déjà, le fonctionnement anodique d'un tube donné est déterminé par trois variables :

1° Tension grille ;
2° Tension plaque ;
3° Intensité anodique.

Pour tracer une courbe, il nous faut donc nécessairement fixer une de ces constantes.

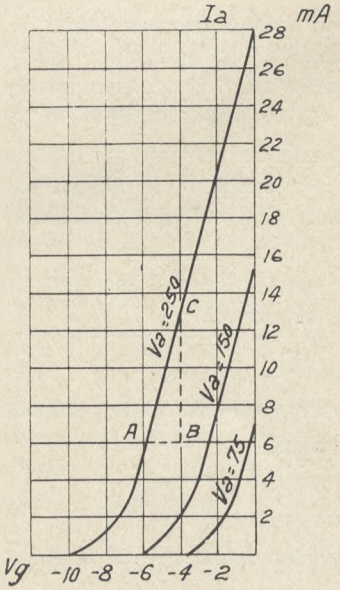


Fig. 11

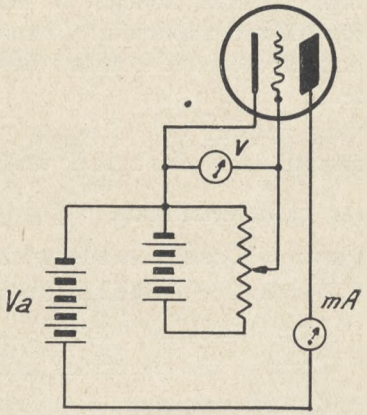


Fig. 12

On tracera, par exemple, la courbe qui donne l'intensité du courant anodique en fonction de la tension de grille, *pour une certaine tension plaque*. Pour une autre tension de plaque, on obtiendrait une autre caractéristique.

Supposons que nous voulions tracer la caractéristique d'un tube triode AC 2...

Sur une feuille de papier millimétré nous tracerons (fig. 11) des divisions horizontales représentant les tensions de polarisation (de droite à gauche, puisqu'il s'agit de tensions négatives).

En partant de la même origine, nous tracerons des divisions verticales représentant des intensités de courant.

Le montage fig. 12 nous permettra de relever très rapidement la courbe.

Préalablement nous aurons choisi la tension anodique pour laquelle nous désirons faire le tracé.

Nous lirons sur le voltmètre V la tension de grille et sur le milliampèremètre (mA) l'intensité de courant correspondante. Cela nous permettra évidemment de fixer un point de la courbe. Nous pourrons ainsi déterminer autant de points que nous le désirons et, en les reliant, nous obtiendrons la courbe.

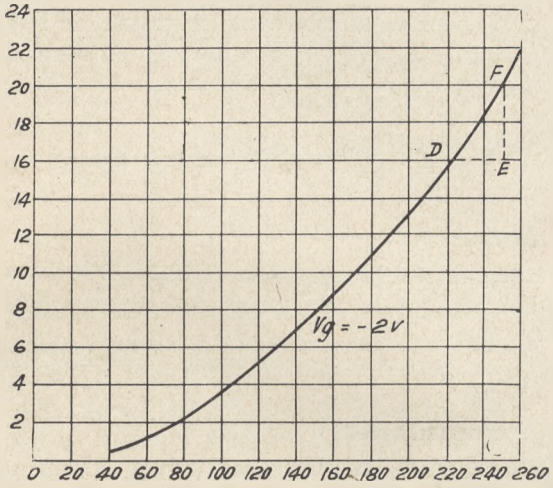


Fig. 13

Nous tracerons la même caractéristique pour d'autres tensions anodiques.

Ainsi nous obtiendrons la famille des caractéristiques qui définit exactement le fonctionnement du tube.

De la même façon nous pourrons tracer la caractéristique qui donne l'intensité de courant en fonction de la tension anodique *pour une tension de grille donnée.*

Il est évident que cette courbe fait, en quelque sorte, double emploi avec les renseignements que peut donner la famille des caractéristiques.

Supposons en effet que nous voulions tracer la courbe correspondant à la tension de grille de — 2 volts.

La famille des caractéristiques nous permet de savoir quelle est l'intensité de courant anodique, correspondant à — 2 volts grille pour autant de tension anodique que nous avons tracé de courbes.

Néanmoins, il est souvent plus commode de tracer les deux courbes, c'est pourquoi nous l'avons fait dans la suite de cet ouvrage.

Ainsi on trouvera, fig. 13, une des caractéristiques courant anode-tension anode.

DETERMINATION DES CONSTANTES

L'inclinaison

Les courbes caractéristiques nous permettront de déterminer très rapidement les constantes principales du tube.

D'après la définition même, l'inclinaison sur l'horizontale des courbes (fig. 11), donne précisément la mesure de l'inclinaison.

Supposons que nous voulions connaitre l'inclinaison entre les points A et C. Nous construisons le triangle A B C.

L'inclinaison est :

$$S = \frac{B\ C}{B\ A} = \frac{7}{2} = 3{,}5\ \text{mA/V.}$$

Résistance interne R i

Si nous traçons sur la fig. 13 le triangle D E F, on peut très facilement montrer que la résistance interne est égale à

$$Ri = \frac{D\ E}{E\ F} = \text{approximativement } \frac{30}{4} = 7.500\ \text{ohms.}$$

Coefficient d'amplification

Les deux mesures précédentes permettent de déduire immédiatement le coefficient d'amplification de la formule :

$$K = S \times Ri.$$

Dans le cas présent, on aura :

$$K = \frac{3{,}5 \times 7.500}{1.000} = 26\ \text{environ.}$$

Le coefficient 1/1.000 intervient parce que l'inclinaison doit être exprimée en *Ampères* par volt, pour la concordance normale des unités.

CARACTERISTIQUES DES AUTRES TUBES

Les mêmes méthodes sont naturellement applicables aux autres tubes. Le nombre des variables est seulement plus grand. Ces variables seront fixées à une valeur choisie et on tracera les caractéristiques exactement comme nous l'avons fait pour les tubes triodes. C'est ainsi que, pour les tubes à grille-écran, on pourra tracer les courbes correspondant à différentes tensions de grille-écran.

La valeur des constantes pourra se déduire de l'examen des graphiques, exactement comme nous l'avons fait pour un tube triode.

Un intérêt particulier s'attache à l'examen de la caractéristique courant anode-tension anode d'un tube à écran. Choisissons, par exemple, le tube E 452 T et traçons la courbe pour une tension de 100 volts et une tension grille de — 1,5 v.

Nous obtenons la courbe fig. 14, dont la forme curieuse met bien en évidence l'influence des *émissions secondaires.*

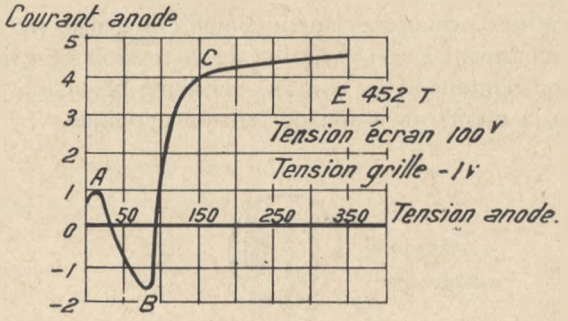


Fig. 14

Celles-ci commencent à se manifester au point A. Une augmentation de tension anodique provoque une diminution d'intensité de courant. On exprime le résultat inattendu en disant que la résistance interne du tube est *négative.* On met à profit les propriétés spéciales de cette partie de caractéristiques dans certains montages appelés « *dynatrons* ».

Le courant anodique s'annule en E et devient négatif. Il faut entendre par là que l'anode émet plus d'électrons secondaires qu'elle ne reçoit d'électrons primaires.

Le fonctionnement normal commence au point B, c'est-à-dire pour des tensions anodiques notoirement supérieures à la tension adoptée pour la grille-écran.

Il convient de se servir des caractéristiques dynatrons avec une extrême prudence et après consultation du constructeur de tubes. Faute de cela, le tube pourrait être rapidement mis hors d'usage.

UTILISATION DES TUBES ÉLECTRONIQUES

Il ne peut s'agir ici de passer en revue tous les emplois possibles des tubes à plusieurs électrodes. Nous ne pouvons tenter que de donner une idée générale de leurs applications, sans entrer dans les détails.

I. — AMPLIFICATION

C'est une des principales applications. On utilise les remarques faites précédemment : une variation de la tension de grille produit une variation d'intensité du courant anodique beaucoup plus considérable que la même variation de tension anodique.

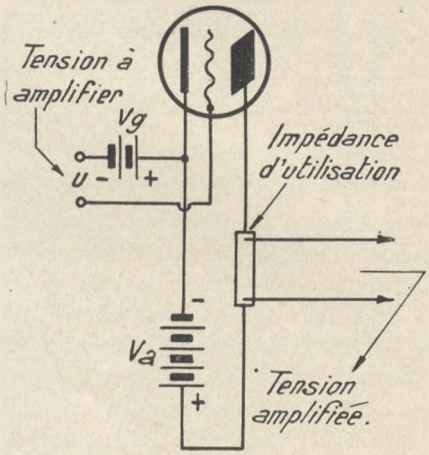


Fig. 15

La tension qu'il s'agit d'amplifier est donc appliquée entre cathode et grille et la tension amplifiée sera recueillie dans le circuit de plaque à l'aide d'un dispositif quelconque, appelé impédance d'utilisation.

Le schéma général est indiqué fig. 15 ; nous avons supposé, pour plus de simplicité, qu'il s'agit d'une lampe triode.

La tension à amplifier est insérée entre cathode et grille. Une tension continue supplémentaire Vg, appelée généralement tension de polarisation, est intercalée. Cette tension doit toujours (sauf pour certains modes de fonctionnement peu usuels) être supérieure à la tension qu'il s'agit d'amplifier. S'il n'en était pas ainsi, il y a

des instants où la grille sera positive par rapport à la cathode. Elle pourrait capter des électrons, ce qui donnerait naissance à un courant de grille; le fonctionnement serait troublé.

En l'absence de signaux à amplifier, un certain courant, fourni par la source Va, circule dans le circuit. La présence de signaux a pour effet de produire des variations de ce courant. L'impédance d'utilisation a précisément pour rôle de recueillir ces variations. Ces variations constituent naturellement une composante alternative.

Cette remarque nous permet de schématiser l'ensemble comme sur la fig. 16, dans laquelle nous avons fait abstraction du courant continu anodique, simple support du courant utile. Le tube développe dans son circuit de plaque une tension alternative égale à K u; u étant la tension appliquée entre grille et cathode.

R 1 est la résistance interne du tube.

Ru l'impédance d'utilisation.

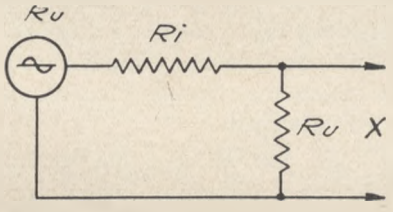


Fig. 16

Sous cette forme, on voit immédiatement qu'en aucun cas il n'est possible de profiter de toute l'amplification produite par le tube. Il y en a toujours une partie perdue dans la résistance interne. Cette partie sera d'autant plus réduite que la résistance interne sera plus petite par rapport à l'impédance d'utilisation.

Ce même schéma nous permet d'ailleurs de calculer très facilement la fraction utilisable de la tension amplifiée. Le problème est ainsi ramené à une simple application de la loi d'Ohm.

La tension utile, disponible aux bornes de Ru est :

$$X = \frac{Ku \times Ru}{Ru + Ri}$$

Il faut donc toujours faire en sorte que l'impédance d'utilisation soit aussi grande que possible. Le « gain » ou l'amplification est la tension disponible à la sortie quand la tension d'entrée est représentée par 1.

Soit, par exemple, un tube triode dont le coefficient d'amplification est de 30, la résistance interne de 10.000 ohms.

L'impédance d'utilisation est de 50.000 ohms.

Le gain est alors de :

$$\frac{30 \times 50.000}{60.000} = 25.$$

Mais certains tubes ont une résistance interne tellement élevée qu'il ne peut être question d'employer une impédance d'utilisation du même ordre de grandeur.

C'est le cas quand on utilise une lampe penthode. Le tube AF 7 a, par exemple, une résistance interne de 1.500.000 ohms. On ne peut songer à placer une résistance aussi élevée dans son circuit anodique, car le courant crée une chute de tension. Pour que la tension anodique effective soit suffisante, il faudrait disposer d'une tension d'alimentation de mille volts au moins. D'ailleurs, la valeur Ru ne représente pas, en réalité, *la valeur ohmique* de la résistance mais *son impédance*. Pour peu que le câblage présente des capacités et que la fréquence des courants à amplifier dépasse quelques centaines de périodes par seconde, l'impédance réelle est beaucoup plus faible que la résistance. On ne l'accroît pas sensiblement en augmentant la valeur ohmique.

Quand il s'agit d'une tétrode ou d'une penthode, on n'hésite pas à utiliser des résistances d'utilisation faibles par rapport à la résistance interne. La formule trouvée plus haut continue de s'appliquer aussi bien. On peut néanmoins la simplifier considérablement en partant de ce point de vue que Ru est négligeable par rapport à Ri.

Remarquons que $S = \frac{K}{Ri}$ on peut écrire

$$K = S \times Ri$$

et en remplaçant la formule qui donne le gain :

$$\frac{S \times Ri \times Ru}{Ru + Ri}$$

Le dénominateur est égal à Ri puisque Ru est négligeable.

Donc : Gain $= \frac{S \times Ri \times Ru}{Ri}$

ou $S \times Ru.$

Le gain est donc, en définitive, égal au produit de l'inclinaison par l'impédance d'utilisation.

Ce petit calcul a l'avantage de nous montrer que, lorsqu'il s'agit d'une penthode, d'une tétrode, *il ne faut attacher aucune impor-*

tance au coefficient d'amplification. Ce qui doit compter avant tout, c'est la pente ou inclinaison.

Dans des conditions données, deux tubes qui ont la même pente donneront le même « gain », même *si leur coefficient d'amplification est profondément différent.*

On peut calculer que le gain d'un tube penthode est beaucoup plus considérable que celui d'un triode.

Si nous utilisons, par exemple, une penthode AF 7, dont l'inclinaison est de 2,1 mA par volt (ou 0,0021 A par volt), le gain obtenu avec une impédance de 100.000 ohms est de :

$$100.000 \times 0{,}0021 = 210.$$

AMPLIFICATION A HAUTE ET A BASSE FREQUENCE

Les tubes électroniques peuvent servir à l'amplification de tous les courants variables dont les fréquences s'échelonnent entre 0 et quelques dizaines de millions de périodes par seconde. Mais on conçoit sans peine que les montages peuvent différer suivant que la fréquence est basse ou élevée. D'ailleurs, en général, le problème de l'amplification ne se présente pas de la même façon dans les deux cas.

On peut songer à amplifier les tensions avant détection, il s'agit alors d'amplification à haute et moyenne fréquence. On cherche, dans la majorité des cas, à réaliser une amplification sélective. On veut amplifier seulement une bande de fréquence comprenant l'onde porteuse et les bandes de modulation. Les stations étant séparées par 9 kilocycles, on cherche à réaliser un amplificateur qui permet de réaliser, autant que possible, une amplification uniforme dans cette bande.

On arrive à ce résultat en couplant les différents circuits de l'amplificateur par des circuits oscillants ou, mieux encore, des filtres de bande.

Tout autre est le but de l'amplificateur téléphonique ou de « basse fréquence ». Il s'agit d'amplifier après détection toutes les fréquences audibles présentes dans le courant résultant. La bande de fréquence s'étend pratiquement de 25 ou 50 à 5.000 périodes.

Il serait d'ailleurs intéressant d'aller plus loin encore; mais il faudrait pour cela que les fréquences correspondantes fussent représentées dans la modulation.

Il s'agit donc alors de réaliser un amplificateur apériodique.

Amplification à haute fréquence

L'impédance d'utilisation est constituée par un circuit oscillant. On sait qu'un circuit accordé présente le maximum d'impédance

pour la fréquence d'accord. L'impédance n'est d'ailleurs limitée que par les pertes en haute fréquence qui se produisent dans le circuit :

a) pertes dues à la résistance (ohmiques) des conducteurs ;

b) pertes dues au courant de Foucault dans le conducteur et dans les conducteurs environnants (blindages, etc...) ;

c) pertes dans le condensateur ;

d) pertes dans la capacité répartie.

D'autres sont extérieures au circuit et sont dues au tube amplificateur lui-même.

Emploi d'un tube triode

L'emploi d'un tube triode présente des inconvénients nombreux dont nous n'examinerons que les principaux.

Supposons que nous ayons réalisé un étage d'amplification à

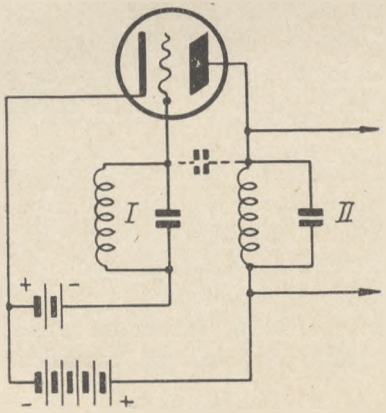


Fig. 17

haute fréquence par triode (fig. 17). Les tensions à amplifier sont disponibles aux bornes d'un premier circuit oscillant I ; les tensions amplifiées se développent aux bornes du circuit II.

Or, nous savons déjà qu'il existait dans le tube une capacité appréciable entre grille et plaque. Tout se passe comme si le montage comportait le condensateur que nous avons figuré en pointillé. Le résultat, c'est que les tensions amplifiées réagiront à l'entrée. En d'autres termes, il y aura un couplage entre les circuits.

Le résultat pratique, c'est que l'amplificateur est instable. On constate qu'il est impossible d'obtenir une amplification notable sans que le fonctionnement soit immédiatement troublé par l'apparition d'oscillations parasites.

Pour éviter l'influence de cette capacité de couplage, il faut utiliser des circuits délicats et compliqués (Neutrodyne).

Amortissement

De plus, le circuit peut encore se réduire au schéma fig. 18. On reconnaît que la résistance intérieure du tube est connectée en parallèle aux bornes du circuit oscillant.

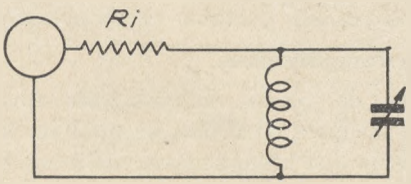


Fig. 18

Or, dans la lampe triode, cette résistance est toujours relativement faible. On constate un amortissement considérable du circuit II qui réduit énormément la sélectivité.

Ces deux défauts suffisent à justifier l'emploi d'un tube tétrode ou penthode.

Emploi d'un tube à écran

Le même montage fig. 17, utilisé avec un tube à grille-écran perd tous ses inconvénients. La capacité parasite devient extrêmement faible et ne peut intervenir que dans certains cas exceptionnels où l'amplification obtenue est tout à fait considérable.

D'autre part, la résistance intérieure est si considérable (de l'ordre de 1.000.000 d'ohms) que l'amortissement causé au circuit oscillant devient négligeable.

L'amplification obtenue par étage dépasse largement ce que pourrait donner un tube triode. Un calcul très simple permettra de mieux fixer les idées.

Un circuit oscillant de bonne qualité peut avoir une impédance, à la résonance, de 150.000 ohms.

Le tube associé peut avoir — ce qui est tout à fait courant — une pente de 2 mA/V. Comme sa résistance interne dépasse largement celle du circuit, on peut calculer le « gain » à l'aide de la formule simplifiée que nous avons indiquée :

$$A = 150.000 \times 0{,}002 = 300.$$

Tube à pente variable - Sélectode

Un tube à « pente variable » est, comme son nom l'indique, un tube dont la pente au point de fonctionnement peut être modifiée en appliquant une polarisation convenable sur la grille.

La pente sera, par exemple, de 2 mA/V pour une tension grille de — 1,5 v.

Elle sera de 1 mA/V pour une tension grille de — 3 v.
— 0,5 mA/V — — — — 5 v., etc...

Le recul de grille d'un tube à écran (tétrode ou penthode) normal est très faible, de 4 à 5 volts au plus, alors que celui d'un tube à pente variable peut atteindre et même dépasser 30 volts.

Cela permet de réaliser certains perfectionnements :

1° **Réglage de l'amplification.**

Il est intéressant de pouvoir régler le gain suivant que la tension d'entrée est faible ou forte. Il suffira de modifier la tension de polarisation pour obtenir une amplification faible ou forte.

2° **Souplesse.**

Pour la réception d'une puissante station locale, le gain nécessaire est très faible (il peut même se traduire par une diminution d'amplitude) et la polarisation sera très grande.

Elle dépassera ainsi la tension d'entrée et, pendant le fonctionnement, la grille ne deviendra jamais positive, ce qui n'aurait pas été le cas avec un tube normal.

3° **Suppression de phénomènes gênants.**

La forme particulière de la caractéristique permet de réduire et même de supprimer entièrement certains phénomènes gênants.

a) **Transmodulation** (cross talk ou cross-modulation).

L'onde porteuse que l'on veut recevoir se trouve modulée accidentellement par la station dont la longueur d'onde est voisine.

b) **Surmodulation.**

La profondeur de modulation est augmentée; des déformations se produisent.

c) **Ronflements.**

Un ronflement de secteur est incorporé à l'onde porteuse que l'on veut recevoir.

L'emploi de tubes à pente variable est, aujourd'hui, à peu près généralisé pour l'amplification à haute fréquence.

Caractéristiques à pente variable

La courbe la plus intéressante est celle qui donne l'intensité de courant anodique en fonction de la polarisation (ou tension de grille). C'est, en effet, elle qui nous permet de juger de la variation de l'inclinaison.

Traçons, avec la même échelle et dans les mêmes conditions, les

caractéristiques d'un tube penthode normal (AF 7) et d'un tube penthode à pente variable (fig. 19).

On saisit immédiatement la différence. La pente du tube AF 7 est pratiquement constante, sauf dans la région correspondant à l'annulation du courant anodique.

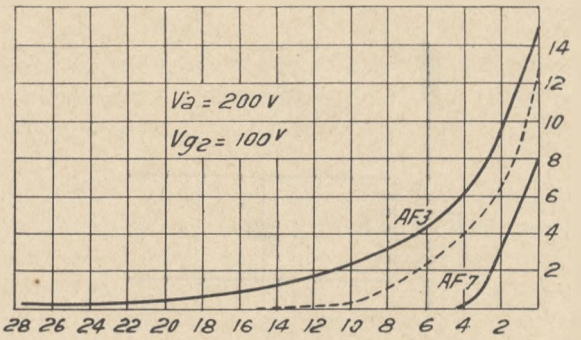


Fig. 19

Au contraire, la pente du tube AF 3 est continuellement variable. Une tension grille négative de 30 volts n'amène pas encore l'annulation du courant anodique. Il est possible de soumettre à la grille des tensions importantes, dépassant plusieurs dizaines de volts.

Avec le tube AF 7, il est pratiquement impossible de soumettre à la grille des tensions dépassant quelques volts sans que les phénomènes signalés plus haut n'apparaissent, le point de fonctionnement se déplaçant dans des régions à forte courbure.

La forme de la caractéristique du tube à pente variable a une grande importance. Il y a tout avantage à obtenir une caractéristique correspondant à une courbe du second degré (parabole). On arrive à ce résultat en étudiant la forme des différentes électrodes et plus particulièrement de la grille de commande.

La valeur des tensions appliquées sur les autres électrodes peut également influer sur la forme de la caractéristique. C'est ainsi qu'en adoptant une tension d'écran plus réduite, on pourrait obtenir la courbe caractéristique figurée en pointillé (fig. 19).

Modes de couplage de l'amplificateur

Dans le schéma fig. 17, le couplage est réalisé par un circuit accordé. Les tensions recueillies aux bornes de ce circuit sont transmises au tube suivant par un condensateur.

Ce mode de couplage simple est assez rarement utilisé aujourd'hui.

On lui préfère généralement le couplage par transformateur accordé (fig. 20). L'impédance du circuit oscillant est ainsi indirectement introduite dans le circuit de plaque du tube. La sensibilité est moins grande. Par contre, on peut obtenir une sélectivité plus élevée.

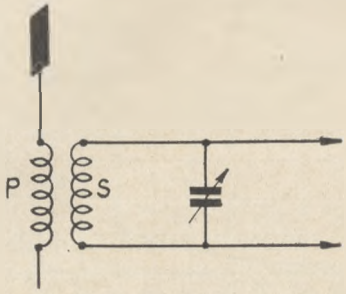


Fig. 20

L'importance du primaire et son couplage avec le secondaire S permettent de régler la sélectivité et la sensibilité.

Fréquemment et plus particulièrement dans les amplificateurs de moyenne fréquence, on utilise un couplage par double circuit accordé (fig. 21). La sélectivité ainsi obtenue peut être considérable.

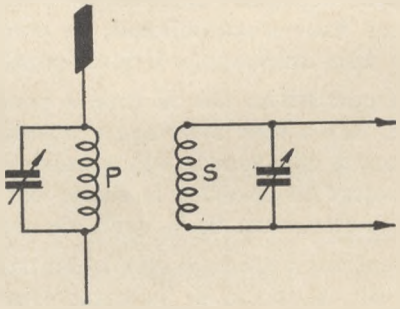


Fig. 21

De plus, pour certaines valeurs de couplage, l'ensemble des deux circuits accordés se comporte comme un véritable *filtre de bande*. On peut ainsi concilier la sélectivité et la fidélité de reproduction qui sont deux qualités indispensables du récepteur moderne.

Schéma complet

En plus de la source de chauffage destinée, comme son nom l'indique, à porter la cathode à une température suffisante, on dispose en général d'une seule autre source, dite source de tension anodique, à laquelle on emprunte la tension de l'anode et celle des autres électrodes. Ces autres électrodes sont :

la grille de commande,
la ou les grille-écran.

Le schéma le plus fréquemment utilisé est indiqué fig. 22. Nous attirons particulièrement l'attention de nos lecteurs sur la façon dont la tension négative de grille, ou tension de polarisation est obtenue.

Dans le circuit cathodique est intercalée une résistance Rp. Le courant électronique traverse nécessairement cette résistance et crée entre ses bornes une chute de tension dont nous avons indiqué le sens par les signes + et —. Cette tension a donc pour effet de porter la cathode à une tension positive par rapport à la grille de commande. C'est dire, si l'on préfère, que la grille de commande est *négative* par rapport à la cathode et c'est précisément le résultat que nous voulions obtenir.

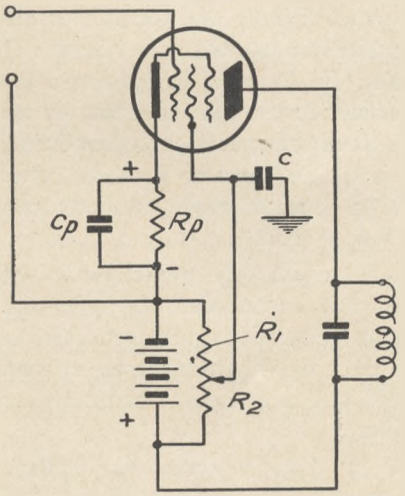


Fig. 22

Connaissant l'intensité de courant fournie par la cathode, il est très simple de calculer la résistance nécessaire pour obtenir une polarisation donnée.

Si la polarisation doit être de 2,5 volts et que le courant catho-

dique soit de 5 mA, il faut intercaler en Rp une résistance de 500 ohms parce que, d'après la loi d'Ohm

$$2{,}5 = 500 \times 0{,}005$$

Mais il est évident que la résistance Rp est parcourue également par les courants amplifiés par le tube. Les tensions développées aux bornes de Rp sont, en somme, encore appliquées entre cathode et filament. Il est aisé de voir que leur sens est tel qu'ils produisent une réduction de l'amplification.

Mais les courants amplifiés sont essentiellement des courants variables ou alternatifs. On évitera l'inconvénient en shuntant Rp par un condensateur d'une valeur suffisante pour qu'il se comporte comme un véritable court-circuit.

D'après cela, la valeur de Cp dépendra essentiellement de la fréquence des courants qu'il s'agit d'amplifier.

Tension écran

La tension appliquée sur la grille écran est, elle aussi, empruntée à la source anodique. Le montage le plus recommandable comporte un diviseur de tension constitué par deux résistances R 1 et R 2. En modifiant la valeur relative on peut obtenir la tension écran que l'on désire.

Le dispositif permet d'avoir une tension écran à peu près indépendante de l'intensité empruntée par l'écran. Il suffit pour cela que la consommation du diviseur de tension soit notablement plus grande que l'intensité écran. Le courant écran étant normalement de l'ordre de 1 milliampère, cette condition sera réalisée en choisissant un diviseur de tension dont la consommation atteint 5 mA. Connaissant la tension anodique, cette remarque nous permet de connaître R 1 + R 2.

Les variations de tension de grille produisent des variations instantanées de courant écran. Ces courants variables se traduiraient par l'apparition de tensions perturbatrices aux bornes de R 1, si l'on n'avait soin de prévoir, entre écran et masse, un condensateur de découplage C qui se comporte comme un court-circuit pour les tensions variables.

La stabilité de la tension écran est indispensable lorsqu'on utilise un tube tétrode. Il faut, alors, avoir obligatoirement recours au diviseur de tension.

C'est également nécessaire qu'on utilise une penthode à pente variable.

Quand on utilise une penthode à pente fixe on peut, sans inconvénients, se contenter d'alimenter l'écran à partir de la tension anodique, à travers une résistance convenable.

Tube à pente variable

Pour profiter des qualités particulières de ces tubes, il est nécessaire de prévoir un dispositif permettant de faire varier la tension de polarisation dans des limites assez larges.

Nous verrons plus loin que certains dispositifs automatiques (V.C.A. ou Antifading) permettent d'obtenir un tel résultat. Dans

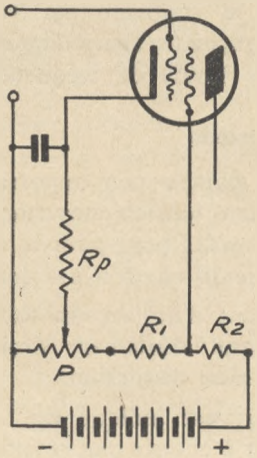


Fig. 23

certains cas, il est utile de faire varier cette tension non pas automatiquement, mais à la volonté de l'usager. On aura recours au système fig. 23.

La tension de polarisation (tension entre cathode et grille de commande) est empruntée à la tension anodique.

La résistance Rp a pour but d'éviter que cette tension ne tombe au-dessous d'une certaine valeur.

La résistance du potentiomètre dépend du type de tube, ainsi que de la tension d'écran. La caractéristique, courant-anode-tension grille, en indiquant le recul de grille, permet de déterminer facilement cette résistance.

AMPLIFICATION TELEPHONIQUE OU A BASSE FREQUENCE

Dans le problème de l'amplification téléphonique, il faut distinguer qu'il s'agit d'augmenter simplement l'amplitude d'un courant trop faible ou qu'il s'agit de fournir à un haut-parleur la puissance électrique nécessaire pour faire mouvoir sa membrane et produire ainsi de la puissance acoustique. Dans ce dernier cas, on dira qu'il s'agit *d'amplification finale* ou *de puissance.*

Amplification téléphonique

On dispose d'une tension téléphonique trop faible pour attaquer utilement la grille du tube final. Il s'agit donc d'augmenter l'amplitude de ce courant sans changer sa forme. Tout changement de forme est une *distorsion* et se traduit par une déformation acoustique.

Le couplage entre circuit qui est à beaucoup près le plus répandu aujourd'hui, est le couplage par résistance. On peut le considérer comme pratiquement apériodique, c'est-à-dire qu'il permet de transmettre une bande de fréquence extrêmement large.

Utilisation d'un tube triode

Fréquemment, un « gain » peu important sera suffisant. On dispose, par exemple, d'une tension moyenne de 3 ou 4 volts, alors qu'il faudrait environ 30 volts pour tirer le maximum de puissance du tube final. Un gain de 10 environ est donc suffisant.

Il est alors intéressant d'utiliser un tube triode parce que sa caractéristique est presque idéalement droite. Cela permet d'obtenir une amplification sans distorsion.

Le mode de couplage est indiqué fig. 24. Dans le cas d'une triode il n'y a pas intérêt à choisir une résistance d'utilisation (R u) qui dépasse 100.000 ohms. La légère augmentation d'amplifica-

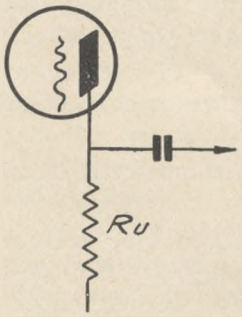


Fig. 24

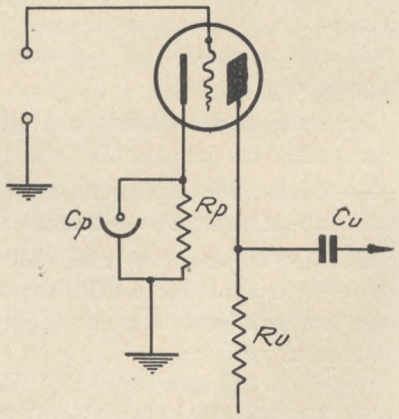


Fig. 25

tion donnée par l'emploi d'une résistance plus élevée est compensée par une augmentation de la distorsion due au fait que la tension effectivement appliquée sur l'anode du tube est fortement réduite.

Schéma complet

On appliquera le même principe que pour le montage d'un tube amplificateur en haute fréquence (fig. 25).

La polarisation de grille est obtenue en créant une chute de tension dans le retour cathodique grâce à la résistance Rp.

Le condensateur Cp a pour rôle de dériver les composantes variables et d'éviter qu'elles ne créent une tension perturbatrice entre grille et cathode. La conduite à réaliser c'est que cette capacité ait une impédance négligeable par rapport à Rp.

Le calcul nous montrerait facilement que pour les plus basses fréquences acoustiques, il faut faire appel à des condensateurs d'énorme valeur (plusieurs microfarads).

On tourne la difficulté en utilisant des condensateurs électrochimiques ou électrolytiques qui ont l'avantage de présenter une très grande capacité sous un très faible volume.

L'emploi d'une capacité trop faible se traduirait par une diminution notable des fréquences acoustiques les plus basses et, par conséquent, par de la distorsion.

Les tensions amplifiées apparaissent aux bornes de R u et sont transmises aux circuits suivants par l'intermédiaire de C u.

Il faut encore réaliser la condition que l'impédance de C u soit négligeable devant R u. C'est beaucoup plus facile puisque R u est de l'ordre de 100.000 ohms. Il suffit que C u soit égale à quelques millièmes de microfarads.

Variante

On peut éviter l'emploi d'un condensateur de grande valeur

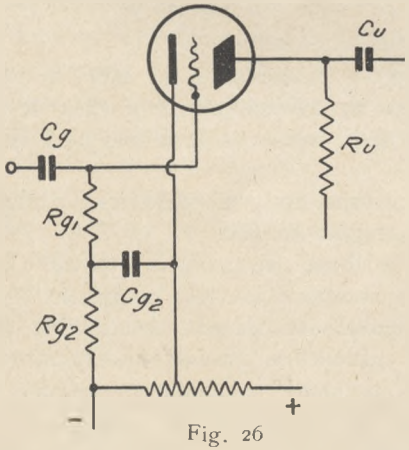


Fig. 26

dans le circuit cathodique en adoptant le schéma fig. 26. Rg 1 et Rg 2 sont des résistances de grande valeur (de 4 à 500.000 ohms,

par exemple). Pour qu'un découplage suffisant soit obtenu, il suffit que Cg 2 soit de 25 à 50/1000 de microfarads.

Le schéma fig. 25 est dit à « polarisation automatique » parce que c'est le courant cathodique lui-même qui produit la polarisation. La tension de grille est donc automatiquement augmentée quand le courant anodique tend à croître.

Il n'en est pas de même avec le schéma fig. 26.

Gain obtenu par une triode

En adoptant R u 100.000 ohms, une lampe AC 2 donne un gain théorique d'environ 27. L'emploi d'une liaison par transformateur permet d'augmenter considérablement ce gain.

Liaison par transformateur

Le montage est indiqué fig. 27. Si on réalise la condition que l'impédance primaire pour les courants qu'il s'agit d'amplifier soit

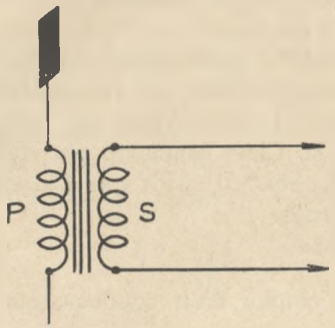


Fig. 27

grande par rapport à l'impédance du tube, il est évident que les tensions amplifiées apparaissent aux bornes de P. Si le rapport entre P et S est de 5, une tension 5 fois plus élevée apparaît aux bornes de S.

Ainsi, avec un tube dont le coefficient d'amplification est 30, on peut obtenir un gain de 150.

Posé sous cette forme, le problème paraît d'une extrême simplicité alors qu'en réalité il est très complexe.

La difficulté réside dans la construction du transformateur. Il est pratiquement difficile de réaliser un transformateur d'un rapport notable, qui présente la même impédance importante pour toutes les fréquences du spectre acoustique.

Pratiquement le système de couplage par transformateur est à peu près abandonné; on préfère utiliser une penthode quand on veut obtenir une amplification plus importante.

Utilisation d'un tube tétrode ou penthode

C'est exactement le schéma avec couplage par résistance (fig. 25 ou fig. 26). Il faut prévoir simplement en supplément l'alimentation de la grille écran. Dans le cas où on utilise une tétrode, l'emploi d'un diviseur de tension est indispensable. Avec une penthode une simple résistance en série avec la tension anodique et un découplage par condensateur sont suffisants.

La résistance de couplage sera d'autant plus importante qu'on désirera obtenir un « gain » plus élevé.

Il faudra, toutefois, remarquer qu'avec une résistance très élevée, on diminue le recul de grille. On ne peut alors soumettre à l'entrée de la lampe que des tensions de très faible amplitude.

Il faut également remarquer que la tension *vraie* appliquée sur le tube est égale à la tension totale diminuée de la chute de tension dans la résistance de couplage.

Il ne faut pas que la tension écran soit trop voisine de la tension anodique vraie (et spécialement quand il s'agit d'un tube tétrode).

Le gain que peut donner une penthode utilisée avec une résistance de couplage de 300.000 ohms dépasse largement 200.

Amplification de puissance

Le tube final ou tube de puissance est chargé de fournir au haut-parleur l'énergie électrique que celui-ci, à son tour, convertira en énergie sonore.

La puissance électrique transmise au haut-parleur est empruntée à la source anodique sous forme d'un courant variable ou courant modulé. C'est à cause de cela que la partie utile disponible dans le circuit anodique est appelée *puissance modulée.*

Soit le montage classique fig. 28. Dans le circuit anodique du tube nous avons placé un milliampèremètre et le primaire d'un transformateur. Va est la tension anodique, Vgl est la tension négative de grille. Nous pouvons admettre que, sur une certaine longueur, la caractéristique du tube est droite et que, agissant sur Vgl, nous avons placé le point de fonctionnement précisément au milieu de la portion rectiligne.

Pour l'instant, aucun signal n'est appliqué entre L et M. Un certain courant I a circule dans le circuit anodique. *La puissance* dissipée sur l'anode du tube est

$$I\,a \times V\,a = W.$$

Le constructeur du tube nous fixe la puissance maxima qu'on peut se permettre de dissiper avec un tube donné.

Supposons maintenant qu'on applique une tension variable entre

L et M. Il est évident que le *courant moyen* Ia ne va pas changer puisque la caractéristique est droite (fig. 29). Au cours d'une alternance le *courant instantané* augmentera (jusqu'au point o, par exemple) mais il diminuera jusqu'en n au cours de l'alternance suivante; la compensation sera parfaite et l'indication de mA ne changera pas.

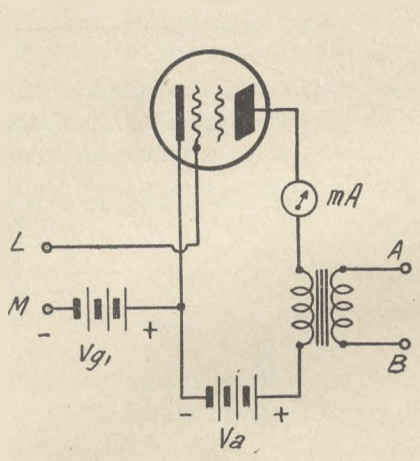


Fig. 28

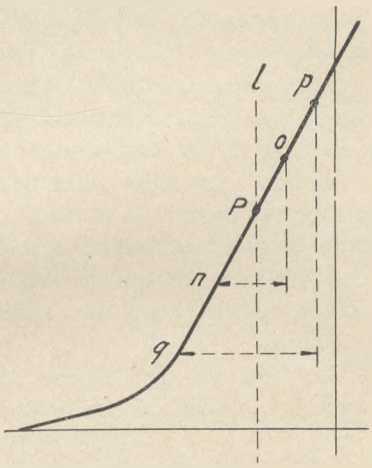


Fig. 29

Cependant, le circuit anodique sera parcouru par une composante variable que le transformateur séparera de la composante continue. Une tension variable apparaîtra aux bornes AB. Et, si par exemple, nous branchons une résistance, elle sera parcourue par un courant.

Puisqu'il y a courant dans une résistance, il y a production d'une certaine puissance électrique. Il s'agit de la *puissance modulée*. On voit ainsi nettement que, dans le cas particulier, elle est obligatoirement empruntée à la puissance anodique et ne peut être qu'une fraction de la puissance dissipée.

On comprend sans peine que la *puissance modulée* augmente quand la tension alternative appliquée entre L et M augmente.

Il y a cependant des limites.

Il ne faut pas que le point de fonctionnement atteigne les zones où commence à naître le courant de grille et où la caractéristique se coude fortement.

Ces fonctionnements anormaux produisent de la déformation ou de la *distorsion*. On peut facilement évaluer ce mal. Ainsi, il est possible de savoir *quelle puissance* utile correspond à un régime de déformation donné.

L'évaluation de la distorsion se fait de la manière suivante :

On soumet à l'amplificateur une tension sinusoïdale pure. S'il n'y a pas de distorsion on trouve, dans le circuit plaque, une tension purement sinusoïdale, c'est-à-dire *sans harmoniques*. S'il y a distorsion, il y a production d'harmoniques. Il suffit d'évaluer l'amplitude relative des harmoniques pour avoir une mesure de la distorsion.

Ainsi, on dira que le tube AL 2, dont la puissance dissipée maximum est de 9 watts, peut donner :

2,1 watts modulés avec une distorsion de 5 %

3,6 — — — 10 %

Pour que ces puissances soient atteintes, il faut aussi que la résistance d'utilisation ou résistance de charge ait la valeur optima.

On voit, par cet exemple, que la *puissance utile* ne dépasse guère le 1/3 de la puissance dissipée.

Un amplificateur dont le principe est celui que nous venons d'écrire est dit « classe A ». C'est le type d'amplification qui permet de réaliser la plus grande pureté possible.

Un montage utilisant deux tubes en opposition est dit « push-pull ».

Il existe d'autres types d'amplificateurs (classe A' ou AB, classe B, etc...), dans lequel le courant anodique est variable suivant la charge. Leur seul intérêt est de permettre d'obtenir une énorme puissance modulée d'une lampe dont la dissipation continue est relativement faible. Ils ont, par contre, certains inconvénients qui rendent leur utilisation difficile.

Toutefois, ces difficultés de mise au point et de réglage peuvent être, avec de grandes précautions, vaincues et les causes de distorsion ainsi supprimées.

II. - REDRESSEMENT DES COURANTS

Les tubes électroniques peuvent servir à convertir des tensions alternatives en tensions continues. Le problème pourra se présenter sous deux aspects très nettement différents.

1° Il s'agit d'obtenir une source continue pour l'alimentation des circuits d'un récepteur. La puissance nécessaire est relativement grande ; elle peut atteindre et même dépasser 25 watts.

2° Il s'agit de rectifier des courants extrêmement faibles. L'intensité est de l'ordre de quelques microampères.

Alimentation anodique

On fait appel à un tube diode. Le montage le plus simple est indiqué fig. 30. La diode a une résistance infinie chaque fois que

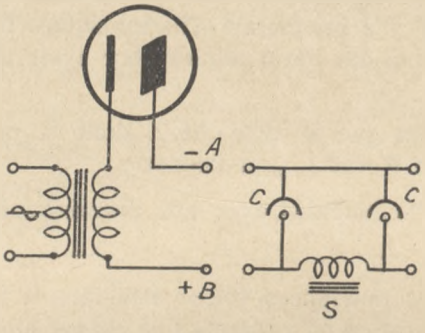


Fig. 30

la tension de la plaque est négative par rapport à la cathode (ou filament). Par contre, la résistance est pratiquement nulle quand la plaque est positive.

Entre les bornes A et B on trouvera donc des impulsions unidirectionnelles. On comprendra plus aisément en examinant le croquis fig. 31. Les alternances hachurées sont éliminées.

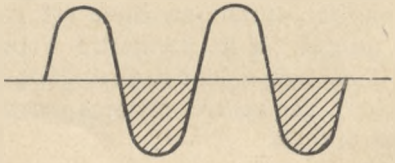


Fig. 31

Si l'on veut obtenir (et c'est le cas le plus courant) non pas un courant pulsatoire, mais un courant rigoureusement continu, on filtrera le courant obtenu à l'aide d'un dispositif indiqué sur la droite du croquis, fig. 30. C'est un ensemble d'impédances (S) et de condensateurs CC.

Le filtrage sera d'autant plus parfait que S et C seront plus grands.

Le circuit fig. 32 est le plus généralement employé. On utilise une double diode ou *valve biplaque*. On voit aisément que lorsqu'une plaque est négative par rapport à la cathode, l'autre est positive et inversement. Il n'y a donc pas une suite d'impulsions séparées par des arrêts du courant. Le courant redressé est plus facile à filtrer.

Il faut remarquer que la tension redressée est sensiblement égale à la moitié de la tension disponible entre les extrémités de l'enroulement du transformateur. Par contre, on peut considérer

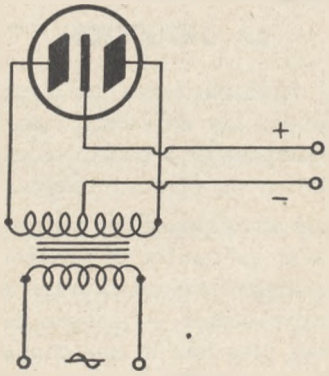


Fig. 32

les deux diodes comme étant montées en parallèle et chacune d'elles ne fournit que la moitié de l'intensité empruntée au redresseur.

Doubleur de tension

Certains montages permettent d'obtenir une tension redressée sensiblement double de la tension disponible en courant alternatif. Ce sont les montages « doubleurs de tensions ».

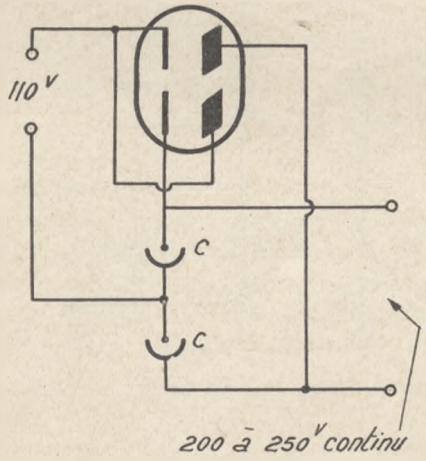


Fig. 33

Ils utilisent des valves doubles, possédant deux cathodes et deux anodes séparées.

Nous donnons un exemple d'un montage fig. 33.

On comprendra son fonctionnement en remarquant que les deux condensateurs C se chargent successivement à la tension redressée et qu'ils ajoutent leur tension.

LA DETECTION

Lorsque le signal capté par l'antenne a été sélectionné et convenablement amplifié par les différents circuits et tubes, il faut le débarrasser de sa composante à haute fréquence pour en extraire le courant de modulation ou courant téléphonique.

Tous les détecteurs usuels sont des redresseurs de courant. On peut montrer facilement qu'il suffit de rectifier une tension à haute fréquence pour faire apparaître un courant moyen. Celui-ci comporte une composante continue — utilisée dans certaines applications que nous verrons plus loin et une composante alternative ou à basse fréquence qu'il ne s'agit plus que d'amplifier convenablement.

Le détecteur le plus fréquemment utilisé est le diode. Les montages usuels sont indiqués fig. 34 et 35.

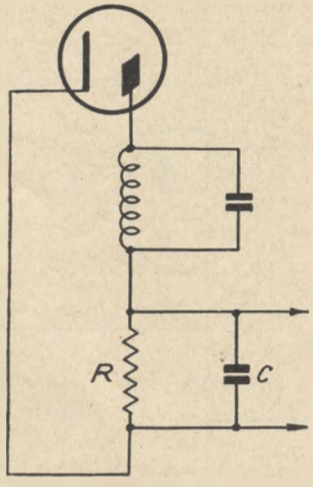


Fig. 34

R est la résistance d'utilisation du diode. C est un condensateur dont le rôle est de dériver les tensions à haute fréquence et d'éviter par conséquent un amortissement supplémentaire. On choisit C pour que son impédance soit faible aux fréquences usuelles. Ce choix a son importance, une valeur trop forte aurait pour

effet de diminuer les composantes aiguës des tensions téléphoniques qui apparaissent aux bornes de R.

Ainsi que nous l'avons déjà reconnu dans d'autres cas, il y a une action relative de R sur C. Une résistance élevée entraînera le choix d'un condensateur plus faible.

Dans les périodes de conduction du diode, on peut considérer le circuit oscillant shunté par l'ensemble RC. Il y a donc un amortissement causé par le diode. On peut montrer que, pour les signaux puissants, la résistance d'amortissement équivalente est de R/2.

On choisit généralement R de 500.000 à 1 ; C de 0,1 à 0,2/1000 microfarad.

Le fonctionnement du circuit fig. 35 est légèrement différent. Il est en effet visible que R est, à travers C, en permanence aux

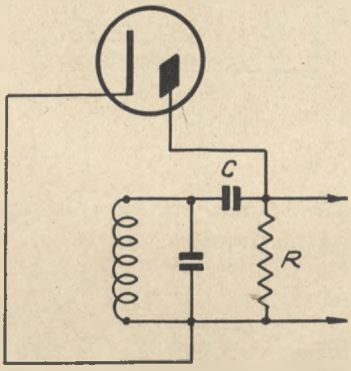


Fig. 35

bornes du circuit oscillant. L'amortissement pour les signaux forts est de R/3. Ce circuit présente encore d'autres inconvénients. Des tensions de haute fréquence sont transmises aux circuits suivants, en même temps que des tensions de basse fréquence. On peut alors observer que le circuit est instable.

Cela explique que le circuit fig. 34 soit généralement plus répandu.

Détection symétrique

On peut vouloir utiliser les deux alternances. Avec une double diode, on arrive au circuit fig. 36. Le fonctionnement est identi-

quement le même. Les avantages pratiques sont négligeables; par contre, les inconvénients ne le sont pas.

C'est ainsi qu'il faut que le circuit oscillant final soit, non seule-

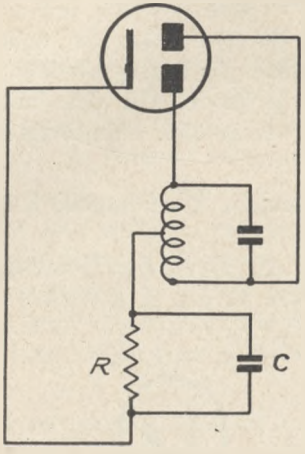


Fig. 36

ment isolé de la masse, mais encore que ses capacités parasites soient parfaitement symétriques.

Détectrice combinée

La tension fournie par la détectrice ne dépasse pas, en général, quelques volts. A moins d'utiliser certains tubes modernes (AL 3), cette tension est insuffisante pour attaquer le tube final. C'est pourquoi on combine généralement dans la même ampoule la détection par diode et l'élément amplificateur. La cathode est commune. L'élément amplificateur peut constituer une triode, une tétrode ou une penthode. On prévoit généralement deux anodes séparées pour la diode, ce qui donne la possibilité soit d'utiliser une détection symétrique, soit encore certains perfectionnements sur lesquels nous reviendrons plus loin.

Le montage des détectrices combinées n'offre rien de particulier. Nous en donnons un exemple fig. 37, appliqué au cas d'une duo-diode-triode (ABC 1).

Cd et Rd sont les condensateur et résistance de détection.

Cp et Rp sont les condensateur et résistance chargés de polariser l'élément triode. Aucune polarisation n'est appliquée sur l'élément diode.

Les tensions rectifiées sont transmises à la grille de la triode par le condensateur C. On trouve, aux bornes de Ru, les tensions rectifiées et amplifiées.

Le condensateur Ca a pour rôle de court-circuiter les composantes à haute fréquence qui pourraient encore subsister.

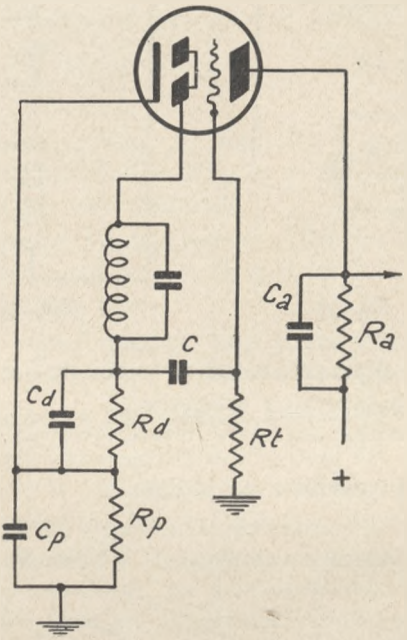


Fig. 37

On peut perfectionner ce montage en lui ajoutant des dispositifs destinés à empêcher les tensions à haute fréquence d'arriver jusqu'à la grille de la triode.

Détection par la grille ou par condensateur shunté

On peut considérer la détection par la grille (fig. 38 et 39) — une des plus anciennes méthodes — comme une simplification de la détection par diode.

L'anode de la diode est remplacée par la grille de commande. La détection s'opère comme dans la diode.

Mais les tensions rectifiées sont appliquées entre grille et cathode du tube par l'intermédiaire de Rp. Elles sont donc amplifiées.

La polarisation du tube est produite par la chute de tension du courant rectifié dans la résistance Rd. On peut alors com-

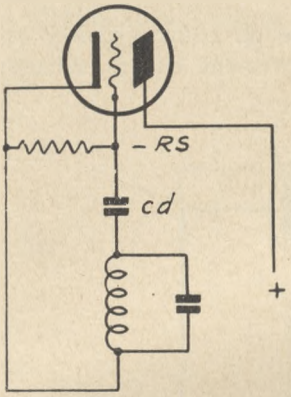


Fig. 38

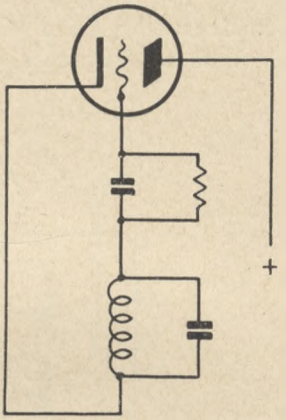


Fig. 39

prendre que des signaux puissants soient mal détectés : ils donnent lieu à une polarisation exagérée.

Le tube détecteur peut être triode, tétrode ou penthode.

Détection par la courbure de plaque

Soit (fig. 40) la courbe caractéristique Ia Vg d'un tube quelconque (triode, tétrode ou penthode). A l'aide du dispositif fig. 41,

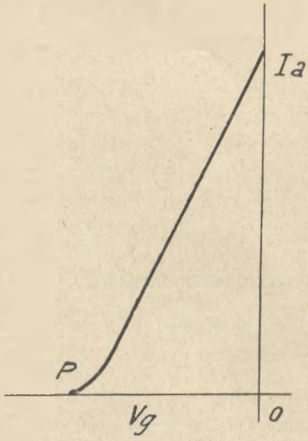


Fig. 40

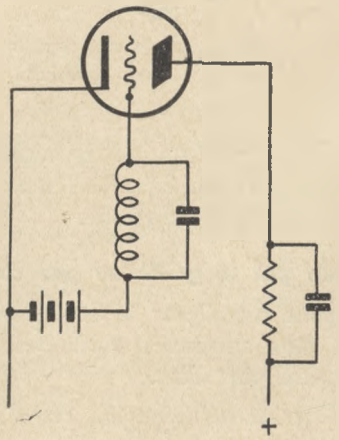


Fig. 41

on peut régler le point de fonctionnement de telle sorte qu'au repos le courant anodique soit tout simplement annulé (point P, fig. 40).

Si des tensions se développent aux bornes du circuit oscillant, il est facile d'imaginer ce qui se passe :

a) les alternances qui rendent la grille négative ne donnent lieu à aucun courant ;

b) les alternances qui rendent la grille positive donnent lieu à un courant.

Il y a donc un effet de redressement puisque, seules, les alternances positives produisent un courant anodique. Il y a donc détection.

Schéma pratique

Pratiquement, on obtient la détection « par la plaque » en insérant une forte résistance dans le retour cathodique. On utilise généralement un tube penthode.

Le fonctionnement est légèrement différent de celui que nous venons d'examiner, car la tension de polarisation est sous la dépendance de l'amplitude du signal.

En effet, un signal produit une augmentation de l'intensité anodique et, en conséquence, de la tension de polarisation.

Comparaison sommaire des circuits détecteurs

Diode. — Donne une excellente détection des signaux puissants et moyens. Amortit le circuit oscillant. Sensibilité excellente. Permet la séparation absolue des composantes HF et BF.

Condensateur shunté. — Ne peut convenir que pour des signaux faibles. Sensibilité excellente. La distorsion apparaît dès que l'amplitude est notable. Aucune séparation des composantes (ce qui permet l'emploi d'une réaction).

Par la plaque. — Ne peut convenir que pour des signaux puissants. Peu de sensibilité. N'amortit pas du tout le circuit oscillant.

III. — REGULATEURS ANTIFADING OU V.C.A.

Il est intéressant d'utiliser des récepteurs dont la sensibilité soit automatiquement commandée par l'amplitude du signal. On dit qu'ils sont alors à « contrôle automatique de sensibilité » ou « à régulateur antifading ».

On arrive très facilement à ce résultat en utilisant des tubes à pente variable et en commandant leur polarisation à l'aide de la tension continue développée aux bornes de la résistance d'utilisation de la diode. Plus la tension reçue est importante et plus la polarisation est grande, ce qui, avec des tubes à pente variable, amène une diminution de la sensibilité.

Le dispositif le plus simple est indiqué fig. 42. La résistance R et le condensateur C constituant un filtre évitant la transmission de tensions variables vers le tube à pente variable.

Pour être efficace, l'action du régulateur doit être telle que la polarisation appliquée sur le tube d'entrée soit égale ou supérieure à l'amplitude du signal.

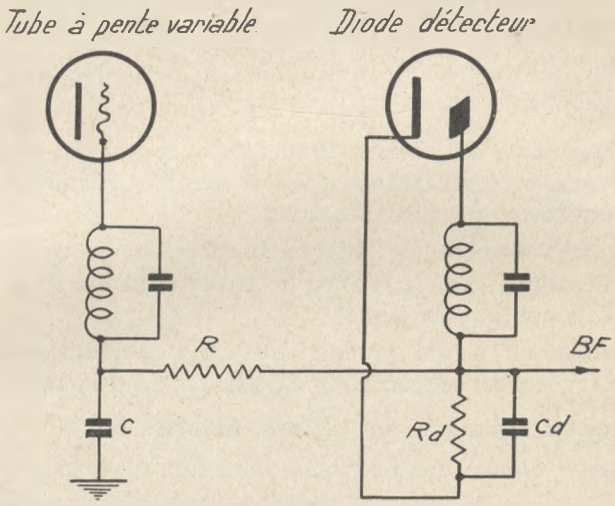


Fig. 42

Pour obtenir une séparation plus complète des composantes, on utilise souvent deux cellules semblables à C et R.

Un tel schéma est dit « régulateur simple ». Il peut être assez efficace si l'action régulatrice est appliquée simultanément sur plusieurs tubes.

Régulation différée

On peut faire, au schéma 42, le reproche suivant : L'apparition d'un signal même très faible se traduit par une réduction de sensibilité. Or, on a intérêt à soumettre à la détection un signal d'amplitude notable. La rectification se fait avec moins de distorsion et une amplification plus modeste est suffisante par la suite.

Pour éviter ce défaut, on utilise *la régulation différée* (fig. 43). C'est un schéma tel qu'aucune action régulatrice n'est produite pour des signaux de faible amplitude. L'action régulatrice se produit à partir d'une certaine tension.

Cet effet est obtenu :

1° En utilisant une diode auxiliaire ;

2° En polarisant l'anode auxiliaire (par la résistance Rp traversée par un courant quelconque). La tension de polarisation est

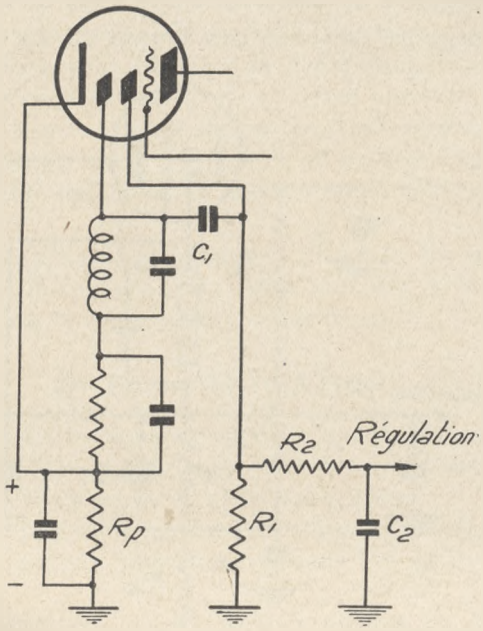


Fig. 43

précisément la tension de « délai » ou de « retard ».

Régulation amplifiée

La tension de régulation fournie par une diode est tout au plus de quelques volts. L'expérience permet de montrer facilement qu'elle est insuffisante dans de nombreux cas. On fait alors appel au schéma de régulation amplifiée.

Cette tension faible est soumise à un tube quelconque.

On peut utiliser une triode par exemple ou une lampe combinée (diode-triode, cas choisi fig. 44).

La triode est polarisée par la chute de tension dans Rp. La résistance Ra est reliée à un point présentant une tension négative de 100 volts environ, par rapport au châssis. Rp est déterminée pour que la chute de tension du courant anodique dans Ra soit précisément 100 volts. Dans ces conditions, le point P est exactement à la tension du châssis et le fonctionnement est normal.

L'apparition d'un signal produira une tension aux bornes de Rd, tension qui sera filtrée par Rg et Cg, et rendra la grille négative. Il y aura donc une diminution de courant anodique (dans Ra) et

le point P deviendra négatif par rapport au châssis. Il le deviendra pour deux raisons :

1° Tension négative de détection aux bornes de Rd;

2° Tension négative amplifiée aux bornes de Ra.

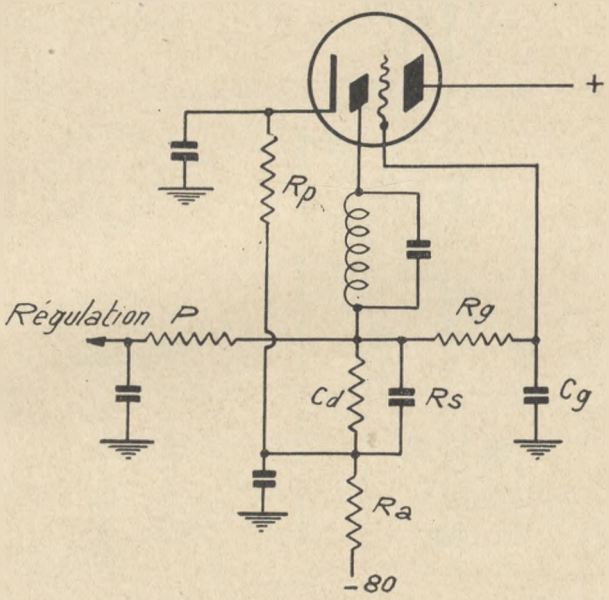


Fig. 44

Les deux actions s'ajoutent. Une régulation très efficace se produit.

Il faut d'ailleurs combiner ce circuit avec la régulation différée sinon la diminution apparente de sensibilité serait considérable. Le schéma ne comporte pas ce perfectionnement dans un but de simplification.

Réglage silencieux

En l'absence de signaux, un appareil à régulateur se règle automatiquement au maximum de sensibilité. Les parasites divers sont alors amplifiés au maximum et se traduisent par un bruit intense dans le haut-parleur. Si l'on veut passer du réglage d'une station au réglage d'une autre station, on déclanchera dans le haut-parleur une série de bruits désagréables.

On peut éviter ce défaut par l'emploi d'un dispositif de réglage silencieux. Celui-ci est commandé par un tube qui peut être triode ou penthode.

Quand le détecteur ne reçoit aucune tension notable, le dispositif est tel que ce tube paralyse complètement le fonctionnement

de l'amplificateur. On obtient généralement ce résultat en appliquant une tension de polarisation exagérée sur un tube amplificateur.

Une tension notable admise à la détection annule le courant anodique du tube « de silence » et libère l'amplificateur. Le fonctionnement devient normal à partir de ce moment.

On peut régler le seuil de libération. Ainsi le récepteur supprime les bruits parasites entre stations et ne permet d'entendre que les émissions d'une puissance suffisante pour donner une audition agréable.

Malgré son principe séduisant, ce dispositif est peu employé. Il est, en effet, d'un réglage délicat et la moindre variation de tension peut amener un fonctionnement défectueux.

IV — OSCILLATION

Les tubes électroniques permettent non seulement la réception des oscillations entretenues, mais encore leur production. Nous ne dirons que quelques mots de cette application.

On obtient la production ou l'entretien des oscillations en couplant, par un moyen quelconque, l'entrée et la sortie d'un tube (fig. 45).

Si les inductances G et P sont convenablement choisies et si le sens de couplage est correct, le circuit oscillant G devient le siège d'oscillations dont la fréquence dépend naturellement des constantes du circuit.

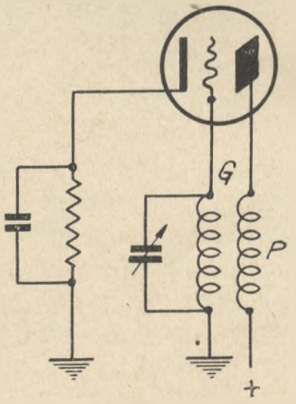


Fig. 45

Le schéma fig. 45 n'est donné qu'à titre d'exemple. On peut imaginer des quantités de variantes qui diffèrent par l'emplacement des bobines, le mode de couplage, etc...

Pratiquement, on insère dans le circuit de grille une capacité et on stabilise la grille par une résistance convenable. Cette disposition a pour but d'éviter la production d'un courant de grille intense qui amènerait une rapide fatigue du tube.

Les tubes oscillateurs sont utilisés comme ondemètres pour la mise au point des récepteurs et leur réglage, mais aussi et surtout, dans les circuits à changement de fréquence.

V. — CHANGEMENT DE FREQUENCE

Cette méthode de réception est devenue si répandue aujourd'hui qu'il est tout à fait inutile d'examiner les principes généralement utilisés.

On obtient le changement de fréquence en combinant dans un même tube les tensions captées par le collecteur d'onde et les tensions produites par une oscillation locale. Dans le circuit anodique du tube apparaissent des composantes dont l'une est égale à la différence des fréquences entre les oscillations incidentes et les oscillations locales. Il suffit donc de modifier la fréquence des oscillations locales pour qu'on trouve, dans le circuit de plaque du tube, des oscillations dont la fréquence est fixe, quelle que soit la fréquence incidente.

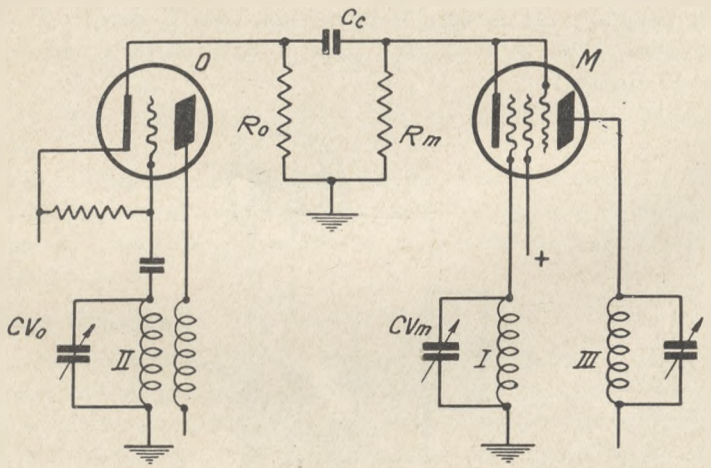


Fig. 46

Un grand nombre de circuits peuvent être imaginés. Nous ne pouvons les étudier tous ici. Nous choisirons comme exemple un montage à couplage cathodique (fig. 46).

Le tube sert un montage oscillateur. La fréquence des oscillations locales est réglée par le condensateur variable CVo.

Aux bornes de la résistance Ra, on trouve une tension à haute fréquence qui est transmise à la cathode de M par le condensateur de couplage Cc.

Une tension à haute fréquence est donc transmise, en définitive, entre cathode et grille de M.

Mais le circuit de réception I permet d'appliquer aussi à ce tube les tensions à haute fréquence qu'il s'agit de recevoir.

Si le point de fonctionnement est bien choisi — par un réglage judicieux de Rm — le tube M produit le changement de fréquence.

L'onde transformée ou de moyenne fréquence, ou encore de fréquence intermédiaire, développe des tensions que l'on recueille aux bornes du circuit III.

C'est pour éviter certains inconvénients des circuits classiques que les constructeurs ont imaginé des tubes destinés spécialement au changement de fréquence. Si nous prenons exemple de l'octode, nous pouvons considérer ce tube comme l'association d'une triode et d'une penthode.

En partant de la cathode (fig. 47), nous trouverons une élec-

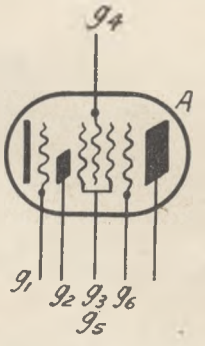


Fig. 47

trode qui est la grille de commande de l'élément triode. La seconde électrode rencontrée est placée en dehors du flux général d'électrons et en réalité une anode auxiliaire.

Servons-nous de ces trois électrodes :

a) cathode,

b) 1re grille,

c) anode auxiliaire,

pour entretenir des oscillations.

La troisième grille G 3 est reliée à la grille G 5. G 3 sert d'écran qui évite l'action de capacité entre G 1 et les électrodes suivantes, en même temps elle produit une accélération des élec-

trons. Ceux-ci arrivent au voisinage de G 3, mais il est évident que leur flux est modulé *à la fréquence de l'oscillation locale.*

Tout se passe comme si, au voisinage de G 3, il existait une source pulsatoire d'électrons (on dit une cathode virtuelle).

Cette cathode virtuelle constitue une penthode avec la grille G 4 comme grille de commande, G 5 comme grille écran et G 6 comme grille d'arrêt.

Les deux tubes enfermés dans la même ampoule sont uniquement couplés par un flux d'électrons; on dit, à cause de cela, que le changement de fréquence par octode est à *couplage électronique.*

Les avantages de l'octode sont nombreux. Nous ne pouvons que les énumérer :

a) grande stabilité;

b) grande sensibilité;

c) indépendance des circuits d'oscillations et de réception;

d) facilité de réception des ondes les plus courtes;

e) régulation sur l'octode. La grille de commande G 4 est construite comme la grille d'un tube à pente variable. On évite ainsi la surmodulation et la transmodulation.

Nous aurons l'occasion de revenir plus loin sur les conditions d'utilisation pratique de l'octode.

CONDITIONS GÉNÉRALES D'UTILISATION ET D'INSTALLATION DES TUBES

Ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de reconnaître que le fonctionnement des tubes électroniques demandait plusieurs sources d'alimentation :

1° **Source de chauffage,** chargée d'amener les cathodes ou les filaments à la température d'émission des électrons.

2° A) **Source de tension anodique et d'écrans.**

B) **Source de tension de grille.**

Chauffage des cathodes ou filaments

a) **Alimentation parallèle.** — Les différents tubes d'un récepteur peuvent être alimentés en série ou en parallèle. Lorsqu'on dispose de courant alternatif on préfère généralement l'alimentation en parallèle.

La tension de chauffage est fournie par le secondaire d'un transformateur qui doit être calculé, pour fournir la charge, la tension exacte dont on a besoin. Les séries habituelles exigent une tension de chauffage de 4 volts.

L'intensité dépend du modèle de tube. On obtiendra l'intensité totale en additionnant l'intensité nécessaire à chaque tube. On n'oubliera pas d'ajouter l'intensité des lampes d'éclairage ou de signalisation qui sont généralement alimentées par le même secondaire.

Le point milieu de ce secondaire sera relié à la masse du châssis soit directement, soit par l'intermédiaire d'une résistance (qui sert à polariser le tube final).

Les fils de connexion entre le transformateur et les tubes seront d'une section suffisante pour que la chute de tension soit négligeable.

Il est également mauvais de faire travailler les tubes avec une tension de chauffage insuffisante ou excessive.

Le transformateur sera largement calculé pour travailler loin de la saturation et ne pas se chauffer exagérément.

b) **Alimentation série.** — Avec certains modèles de tubes, on peut envisager l'alimentation en série. On peut alors prévoir l'alimentation en courant continu, ou sur réseau alternatif; éviter l'emploi d'un transformateur.

Il est évident que l'intensité du courant est celle d'un seul tube, mais que la tension est égale à la somme des tensions de chaque tube. Si la tension dont on dispose est supérieure à la tension nécessaire, on absorbe le supplément dans une résistance ou mieux, dans un tube spécial dit « tube régulateur ».

L'ordre dans lequel sont branchés les filaments n'est nullement indifférent. En partant de la masse du châssis (pôle négatif quand il s'agit du courant continu) on alimentera les filaments dans l'ordre suivant :

1re BF ou détectrice combinée,
Détectrice (diode),
Changeuse de fréquence,
Haute fréquence,
Moyenne fréquence,
Basse fréquence,
Valve.

On évitera ainsi certains troubles et plus particulièrement les ronflements de modulation.

Alimentation haute tension ou anodique

Il faut obligatoirement obtenir du courant rigoureusement continu, c'est-à-dire sans ondulations résiduelles. En partant du courant alternatif on redresse le courant à l'aide d'une valve (voir le montage donné dans les caractéristiques de la lampe AZ 1) et le filtre avec des impédances et des condensateurs.

On détermine l'intensité de courant totale en ajoutant l'intensité de courant de chaque tube, en tenant compte, quand il y a lieu, des électrodes auxiliaires (anodes ou grilles écrans).

Souvent la puissance d'excitation du haut-parleur est empruntée à la source anodique. Il faut en tenir compte dans la détermination des éléments.

Alimentation des écrans

On peut, quand il s'agit de lampes penthodes, alimenter les écrans à partir de la tension anodique, avec une simple résistance *série, découplée par un condensateur de valeur appropriée.*

On peut aussi prévoir, aux bornes de la tension anodique, un diviseur de tensions général (fig. 48).

Cette solution est recommandable pour les raisons suivantes :

a) Les tensions sont stables et à peu près indépendantes du débit de chaque électrode.

b) La consommation du diviseur de tension évite la surtension à la mise en route. Il arrive fréquemment que tous les tubes soient à chauffage indirect. La valve est à chauffage direct.

En conséquence, le débit de tension anodique ne s'amorce qu'au bout de 30 à 40 secondes, pendant lesquelles les condensateurs de filtrage sont soumis à une surtension exagérée.

L'emploi d'un diviseur évite cet inconvénient.

On trouvera, fig. 48, un exemple de diviseur de tension. Il faut

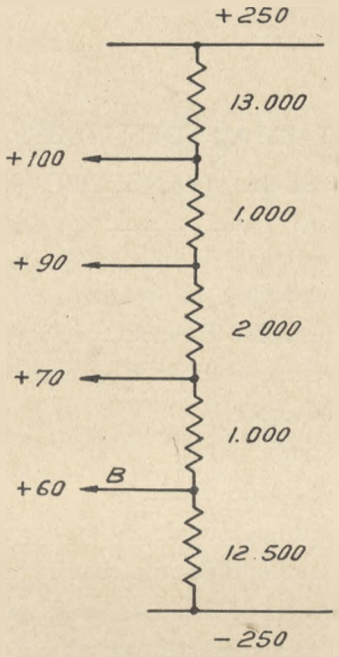


Fig. 48

que chaque tension partielle soit découplée par un condensateur de valeur appropriée.

Tensions de grille

Les tensions de grille sont généralement empruntées à la tension anodique, en insérant une résistance de valeur convenable dans le retour de la cathode.

Une autre méthode peut être utilisée en reliant les retours cathodiques non pas au pôle négatif de la haute tension, mais à une tension intermédiaire. En reliant les cathodes au point BC (fig. 48), on dispose d'une tension négative de 80 volts qui peut être utilisée pour la polarisation des grilles.

TABLEAU DES TUBES
DE LA SÉRIE TRANSCONTINENTALE

AK 2	Octode.
AF 3	Penthode HF sélectode à pente variable.
AF 7	Penthode haute fréquence.
AB 2	Duodiode.
AC 2	Triode.
ABC 1	Duodiode triode.
AL 1	Penthode finale à chauffage direct.
AL 2	Penthode finale à chauffage indirect.
AL 3	Penthode finale à chauffage indirect.
AZ 1	Tube redresseur biplaque à chauffage direct.

LA SÉRIE TRANSCONTINENTALE

La série transcontinentale représente le terme d'une longue évolution de la technique du tube électronique.

On a, pendant longtemps, opposé la conception européenne à la conception américaine. Comme dans d'autres domaines, cette dernière amène une réduction volontaire du rendement pour accroître d'autant le coefficient de sécurité. Les tubes américains se distinguaient des tubes européens parce que l'inclinaison de leur caractéristique était peu élevée.

Il était possible de réaliser des circuits très stables, mais le gain par étage demeurait toujours relativement faible. Le tube américain, malgré ses dimensions réduites, exigeait cependant un emplacement assez grand car il était obligatoire de prévoir un blindage.

Le tube européen, un peu plus encombrant, possédait son propre blindage qui est une métallisation extérieure à l'ampoule. Il permettait d'obtenir un gain par étage considérable. Il est juste d'ajouter que l'emploi de circuits de qualités exceptionnelles était indispensable et que, pour réaliser un montage stable, il fallait étudier tout spécialement le circuit.

Il était logique de supposer qu'entre ces deux techniques opposées, il y avait peut-être place pour un juste équilibre... C'est cette idée qui a présidé au développement de la *Technique transcontinentale.*

Les tubes de cette série ont emprunté certaines caractéristiques aux conceptions américaines.

C'est ainsi que la grille de commande a été placée au sommet de l'ampoule et que les dimensions du tube ont été considérablement réduites. De plus, l'inclinaison des caractéristiques est moins grande.

Par contre, les nouveaux tubes ont conservé les plus importants avantages des conceptions européennes. C'est ainsi que l'emploi d'un blindage est inutile, puisque l'ampoule est métallisée et que

l'inclinaison est supérieure à celle des modèles américains correspondants...

Il faut ajouter que les tubes de la série transcontinentale sont munis d'une nouvelle cathode qui atteint rapidement sa température de fonctionnement tout en consommant une puissance électrique inférieure à celle qu'exigeaient les anciennes cathodes.

La nouvelle cathode a encore l'avantage de ne produire aucun crépitement parasite.

Le nouveau culot à contacts latéraux remplace l'ancien culot à broches qui pouvait très difficilement donner satisfaction avec les tubes modernes, dont certains ont de très nombreuses électrodes. Le culot « standard » a les avantages suivants :

1° Il permet une mise en place facile du tube, sans aucun risque d'erreur,

2° Il assure d'excellents contacts,

3° La lampe est très solidement maintenue dans le support,

4° Les pertes en haute fréquence et les capacités parasites sont très réduites.

L'examen de ces très nombreux avantages montrera à nos lecteurs que la nouvelle technique, en empruntant les meilleures choses aux conceptions américaines et européennes, représente bien quelque chose de nouveau et de définitivement acquis.

On trouvera dans les pages qui vont suivre la description et les caractéristiques des tubes de la série transcontinentale.

CARACTÉRISTIQUES

DÉNOMINATION DES TYPES

La dénomination d'une lampe se composera généralement de deux lettres et d'un chiffre. La première lettre indique la série, la deuxième lettre le type de lampe, la troisième indication est un numéro d'ordre. Ce dernier est choisi autant que possible de telle manière que la même lampe, dans les différentes séries, porte le même numéro d'ordre, la distinction entre ces lampes se faisant seulement par la première lettre. Les caractéristiques de ces tubes sont semblables.

Exemples :

La penthode HF de la série 200 mA CA/CC porte l'indication CF 1 et la penthode à caractéristiques sélectode et à pente rapidement variable est indiquée par CF 3.

Par analogie, la penthode HF sélectode à pente rapidement variable de la série courant alternatif de 4 volts est dénominée AF 3.

Les lampes constituant une combinaison de deux systèmes sont indiquées au moyen de trois lettres; ainsi la double diode-triode de la série 4 volts pour courant alternatif est indiquée par ABC 1.

Les tubes régulateurs ne sont désignés que par une seule lettre, se rapportant à la série de lampes réceptrices pour laquelle ils ont été établis et un chiffre. Donc les lampes régulatrices de la série de 200 mA sont marquées C 1.

Significations de la première lettre

A. Série de 4 volts pour courant alternatif.

C. Série 200 mA pour continu et alternatif.

E. Série de lampes 6,3 V. pour récepteurs d'automobile.

F. Série de lampes 13 V. pour récepteurs d'automobile.

Significations de la deuxième lettre

A. Diodes simples.

B. Duo-diodes.

C. Triodes, sauf finales.

F. Penthodes HF.

K. Octodes.

L. Penthodes de sortie.

Y. Redresseurs monoplaques.

Z. Redresseurs biplaques.

EXPLICATION DES DÉNOMINATIONS ET ABRÉVIATIONS UTILISÉES

Dénomination des électrodes

Anode (plaque)	a
Anode de la diode	d
Pour diodes à plaques multiples les diodes sont indiquées par d 1, d 2, d 3, et...	
Le chiffre indique la place de la plaque diode de telle façon que d 1 correspond à la plaque la plus proche du culot de la lampe.	
Filament de chauffage	f
Grille	g
Quand il y a plusieurs grilles dans une lampe, la dénomination g 1, g 2, g 3 est utilisée. Les chiffres indiquent la disposition des grilles par rapport à la cathode.	
Cathode chauffée indirectement	k
Métallisation	m
Pour indiquer des électrodes équivalentes, on utilise des accents. Les anodes d'une valve redresseuse biplaque sont indiquées, par exemple, par a et a'.	

DENOMINATION DES TENSIONS, COURANTS, etc...

Tensions

Tension plaque	Va
Tension plaque à l'état froid ou pour Ia = o.	Vao
Tension plaque quand il y a un transformateur BF ou une bobine de choc avec noyau de fer dans le circuit plaque	VaL
Tension plaque sans transformateur BF ou bobine de choc (noyau de fer) dans le circuit plaque	VaR
Tension aux bornes de la source du courant plaque	Vb
Tension diode	Vd 1, Vd 2, etc...
Tension de chauffage	Vf

Tension entre filament et cathode.....	Vfk
Tension continue de la grille (polarisation).	Vgf, Vg 2, etc...
Tension continue de la grille à l'état froid ou pour Ia = o	Vg 1 o, Vg 2 o, etc...
Tension de grille alternative eff. pour une puissance de sortie maximum, une distorsion donnée et une résistance de charge optimum	Vg 1 eff (.... %)
Normalement, la puissance de sortie est indiquée pour 5 % et 10 % de distorsion. Mais si, pourtant, il y a déjà naissance du courant de grille pour 10 % de distorsion, la puissance de sortie et la distorsion sont indiquées pour la charge de la lampe jusqu'au point de naissance d'un courant de grille	
Polarisation de la grille pour le point de naissance d'un courant de grille de 3×10^{-7} Amp.	
Cette valeur est mesurée pour la valeur maximum de la tension plaque et de grille écran indiquée sur les caractéristiques...	Vg 1 i, Vg 2 i, etc...

Courants

Courant plaque	Ia
Courant diode	Id 1, Id 2, etc...
Courant de chauffage	If
Courant de grille	Ig 1, Ig 2, etc...
Courant cathodique (Ia+Ig 1+Ig 2, etc.)..	Ik

Puissances

Dissipation anodique	Wa
Dissipation grille	Wg 1, Wg 2.
Puissance de sortie maximum correspondant à une distorsion donnée et à une résistance de charge optimum.....	Wo (.... %)

Capacités

Capacité de sortie.....	Ca
Capacité grille-anode	Cag 1, Cag 2, etc...

Capacité d'entrée	*Cg 1*
Capacité cathode-anode	*Cak*

Résistances

Résistance de charge optimum dans le circuit plaque	Ra
Résistance à insérer dans le conducteur cathodique	Rk
Résistance à insérer dans le circuit grille	Rg 1, Rg 2.

Les caractères a et f derrière la résistance grille indiquent si la tension de grille est obtenue automatiquement ou si elle est fixe : par exemple, Rg 1 a max. caractérise la résistance maximum dans le circuit grille en employant une polarisation de grille automatique ; Rg 1 f max. indique la résistance maximum pour une polarisation fixe.

Résistance interne	Ri

Coefficient d'amplification

Coefficients d'amplification	(K) g 1, g 2, etc...

Inclinaison

Inclinaison maximum	S max.
Inclinaison au point de fonctionnement	S norm.
Inclinaison de conversion	Sc

Amplification

Amplification de conversion	Gc

CARACTÉRISTIQUES DES TUBES DE LA SÉRIE TRANSCONTINENTALE

Caractéristiques de service

Tension anodique	Va	= 250 volts
Tension de l'anode auxiliaire	Vg_2	= 90 volts
Tensions de grille-écran	$Vg_{3,5}$	= 70 volts
Polarisation négative de la grille (à l'état de non-oscillation)	Vg_1	= —1,5 volt
Courant anodique (pour Vg_4 = env. —1,5 volt)	Ia	= 1,6 mA
Courant anodique (pour Vg_4 = —25 volts)	Ia	< 0,015 mA
Pente de conversion (pour Ia = 1,6 mA)	Sc	= 0,6 mA/V
Pente de conversion (pour Vg_4 = —25 volts)	Sc	< 0,002 mA/V
Résistance interne (pour Ia = 1,6 mA)	Ri	= 1,6 mégohm
Résistance interne (pour $Vg_4 \geqq$ —25 volts)	Ri	= 10 mégohms
Tension oscillatrice	$Vosc$	= 8,5 volts $_{eff}$ env.

Limites fixées pour les caractéristiques

$Va_{o\ max}$	= 550 V	$Vg_{2o\,max}$	= 300 V
$Va_{R\ max.}$	= 250 V	$Vg_{2\ max}$	= 90 V
$Wa_{\ max}$	= 0,5 W	Ig_2	= 2 mA
$Vg_{3,5o\,max}$	= 400 V	$Ig_{2\ min}$	= 1,3 mA
$Vg_{3,5\ max}$	= 70 V	$Ig_{2\ max}$	= 3 mA
$Ig_{3,5}$	= 3,8 mA	$Wg_{2\,max}$	= 0,3 W
$Ig_{3,5\ min}$	= 2,3 mA	$Rg_{1\ max}$	= 0,1 MΩ
$Ig_{3,5\ max}$	= 5,2 mA	$Ik_{\ max}$	= 10 mA
$Wg_{3,5\,max}$	= 0,5 W	$Rfk_{\ max}$	= 5000 Ω[2])
$Rg_{4\ max}$	= 2,5 MΩ	$Vfk_{\ max}$	= 50 V

Vg_4 (Ig_4 = 0,3 μA) < —1,3 V

Caractéristiques de chauffage

Chauffage: indirect par courant alternatif

Tension de chauffage	Vf	= 4 volts
Courant de chauffage	If	= 0,65 A env.

Capacités

Cg_1	= 9,1	μμF
Cg_4	= 8,7	μμF
Ca	= 12,5	μμF
Cg_2	= 6,0	μμF
Cg_1g_4	< 0,35	μμF
Cg_2g_4	< 0,25	μμF
Cag_4	< 0,06	μμF

Les tensions d'écran et d'anode auxiliaire seront obtenues de préférence par diviseur de tension. Les valeurs indiquées fig. 2 sont recommandables.

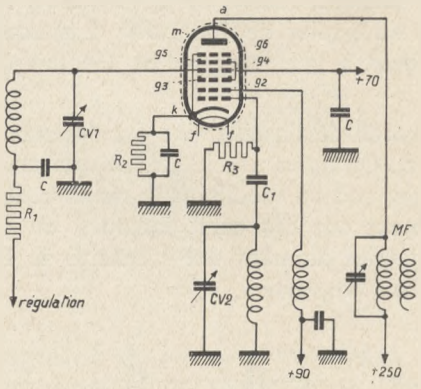


Fig. 1

La grille de commande étant construite comme une grille de tube à pente variable, on peut faire agir la commande de régulation sur le circuit correspondant.

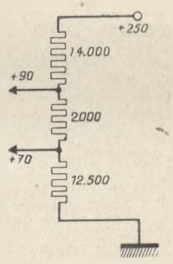


Fig. 2

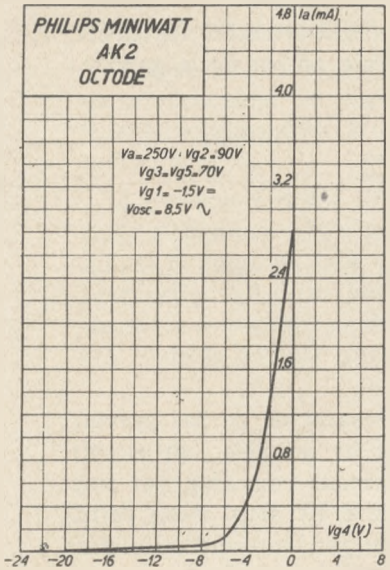
La grille d'arrêt (g 6) est connectée à la cathode à l'intérieur même de l'ampoule.

PARTIE OSCILLATRICE

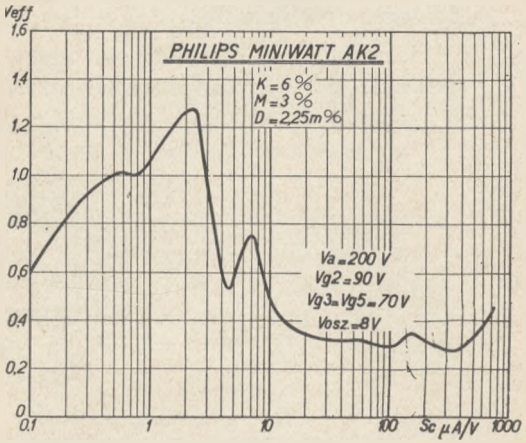
Ondes normales

Le rendement du tube dépend en grande partie du soin avec lequel a été étudié le circuit chargé de produire l'oscillation locale.

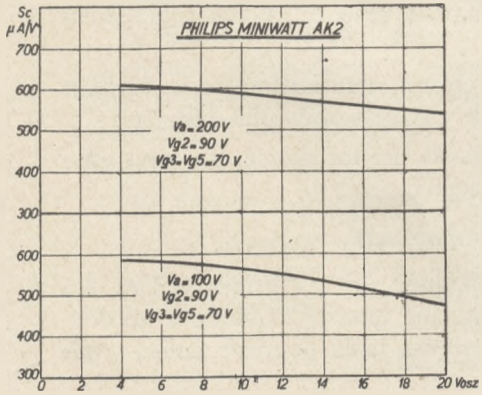
Le meilleur fonctionnement correspond à une tension haute fréquence efficace de 8,5 volts environ sur la grille g 1. Si toutes les tensions sont bien réglées, il est facile de mesurer l'amplitude



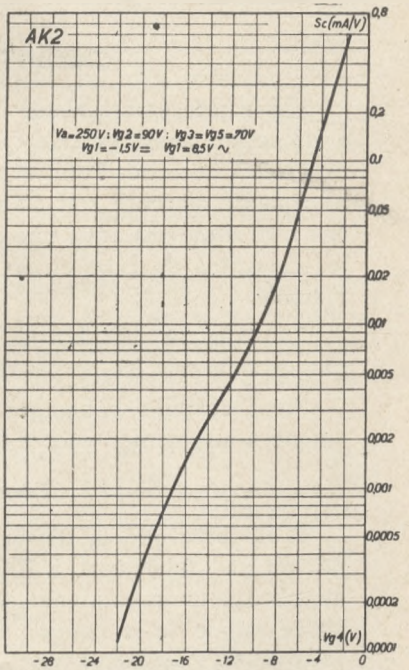
Caractéristique Ia/Vg^4 de l'octode AK 2



Courbe de transmodulation de l'octode AK 2. Elles représentent la tension alternative de grille efficace en fonction de la pente de conversion pour 6 °/₀ de transmodulation ou 2,25 m °/₀ de distorsion H.F.



Courbe de la pente de conversion en fonction de la tension oscillatrice pour Rg^1 = 50.000 ohms et pour Va = 200 et 100 volts



Courbe indiquant la pente de conversion en fonction de la tension de la grille 4 (grille de commande)

Il faut que la résistance R 3 soit branchée de telle sorte qu'une polarisation de 1,5 volt soit appliquée à la grille G 1. Il faut donc non pas relier directement R 3 à la cathode, mais à la masse.

CONTROLE DES OSCILLATIONS

Dans la fabrication, il est intéressant d'avoir un moyen simple pour contrôler que la lampe oscille normalement.

Il existe évidemment le moyen déjà indiqué qui consiste à intercaler un appareil de mesure sensible en série avec la résistance R 3. Mais cela nécessite le débranchement de cette dernière.

S'il s'agit de faire un simple contrôle et non une mesure, on peut procéder beaucoup plus simplement :

On branchera aux bornes de R 2 un voltmètre à cadre (un contrôleur universel, par exemple) sur une sensibilité permettant de lire 1,5 volt.

Supposons que la lecture donne 1,5 volt.

Courtcircuitons CV 2. Si tout est normal (c'est-à-dire si des oscillations sont bien produites), on notera **une augmentation** de l'indication lue. La déviation du voltmètre passera, par exemple, à 1,7 volt...

Si l'indication demeure invariable, c'est que le tube n'oscille pas.

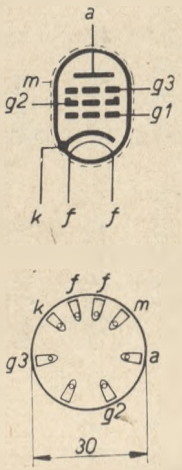
Cette méthode est aussi bien valable pour les ondes très courtes, moyennes ou longues.

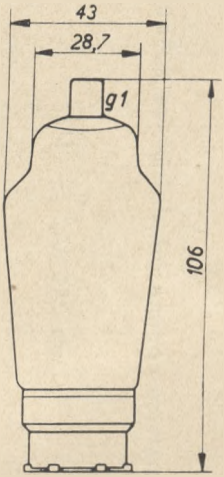
Avec un peu d'habitude, elle permet même, d'après l'écart des deux lectures, de se rendre compte de l'amplitude des oscillations et de juger si celles-ci sont normales.

AF 3

Penthode haute fréquence sélectode à pente variable

La penthode AF 3 est un tube à pente variable, ou sélectode. Elle a été étudiée pour obtenir une grande amplification en Haute Fréquence et pour que le contrôle de cette amplification soit possible, dans des limites très larges.





Avec certaines constantes choisies, l'amplification est obtenue très facilement sans distorsion ni cross-modulation.

UTILISATION

Une lampe à pente variable se distingue par l'étendue de sa plage de réglage. Un tube à plage peu étendue permettra de faire varier la sensibilité en disposant d'une tension de polarisation peu élevée. Par contre des phénomènes gênants peuvent intervenir, produits par la courbure prononcée de la caractéristique.

Si la plage de réglage est très étendue, la réception sera exempte de « *cross-modulation* ». Par contre, il faudra une tension de polarisation plus importante pour obtenir le réglage de sensibilité.

Ainsi, suivant le sens du problème posé, on sera amené à préférer un tube d'une catégorie ou de l'autre. La sélectode AF 3 a

Caractéristiques de service comme amplificatrice à haute fréquence

Tension anodique .. Va	= 250 V	Va	= 250 V
Tension de grille-écran ..... Vg_2	= 100 V	Vg_2	= 85 V
Courant anodique.. Ia ($Vg_1 = -3$ V env.)	= 8 mA	Ia ($Vg_1 = -2$ V env.)	= 7,5 mA
Courant anodique.. Ia ($Vg_1 = -55$ V)	< 0,015 mA	Ia ($Vg_1 = -45$ V)	< 0,015 mA
Courant de grille-écran ..... Ig_2 ($Ia = 8$ mA)	= 2,6 mA	Ig_2 ($Ia = 7,5$ mA)	= 2,3 mA
Cour. de grille-écran maximum .... Ig_{2max}	= 3,3 mA	Ig_{2max}	= 2,9 mA
Cour. de grille-écran minimum ..... Ig_{2min}	= 1,9 mA	Ig_{2min}	= 1,7 mA
Pente maximum .. S_{max}	= 2,8 mA/V		
Pente normale .... S_{norm} ($Ia = 8$ mA)	= 1,8 mA/V	S_{norm} ($Ia = 7,5$ mA)	= 2,1 mA
Pente ..... S ($Vg_1 = -55$ V)	< 0,002 mA/V	S ($Vg_1 = -45$ V)	< 0,002 mA/V
Coeff. d'amplif. .. $g(k)$	= 2200		
Résistance interne.. Ri ($Ia = 8$ mA)	= 1,2 MΩ	Ri ($Ia = 7,5$ mA)	= 1,2 MΩ
Résistance interne.. Ri ($Vg_1 = -55$ V)	> 10 MΩ	Ri ($Vg_1 = -45$ V)	> 10 MΩ
Tension de la grille de freinage .... Vg_3	= 0 V	Vg_3	= 0 V

été construite de telle sorte qu'on puisse faire varier considérablement l'étendue de la plage de réglage en agissant simplement sur la tension d'écran.

Ainsi, avec une tension d'écran de 100 volts, il faut appliquer sur la grille de commande une tension de polarisation de 40 volts si l'on veut réduire la pente à 1 microampère par volt, alors que le même résultat est atteint avec 25 volts seulement si la tension écran est de 60 volts.

D'après ce qui précède, on comprend que le tube AF 3 soit prévu spécialement pour l'amplification à haute et moyenne fréquence. Sa grande résistance interne et ses très faibles capacités le rendent spécialement apte à cet usage.

Il donne des résultats intéressants pour l'amplification haute fréquence des ondes courtes.

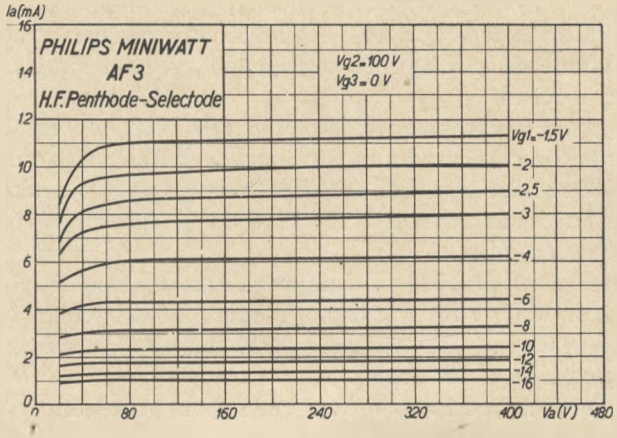
Si l'on désire utiliser le maximum de gain ou d'amplification,

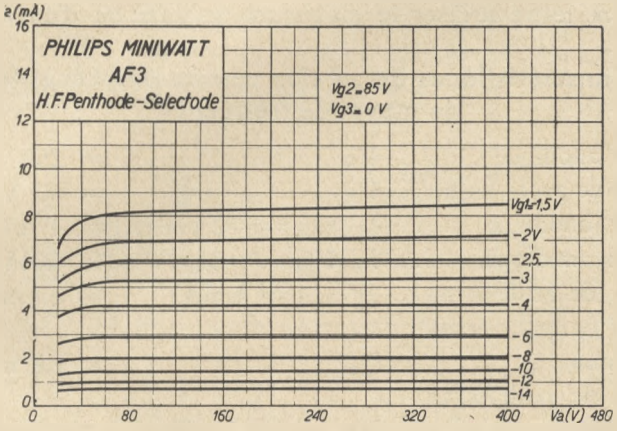
Caractéristiques de service comme amplificatrice de moyenne fréquence

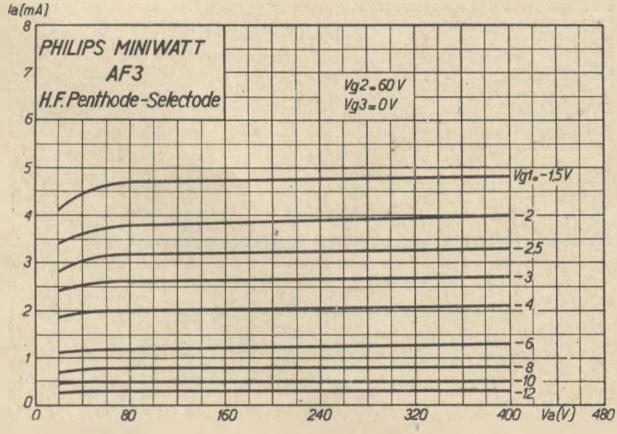
Tension anodique	Va	= 250 V
Tension de grille-écran ..	Vg_2	= 60 V
Courant anodique	Ia ($Vg_1 = -2$ V env.)	= 4 mA
Courant anodique	Ia ($Vg_1 = -35$ V)	< 0,015 mA
Courant de grille-écran..	Ig_2 ($Ia = 4$ mA)	= 1,3 mA
Courant de grille-écran maximum	$Ig_{2\,max}$	= 1,6 mA
Courant de grille-écran minimum	$Ig_{2\,min}$	= 1,0 mA
Pente normale	S_{norm} ($Ia = 4$ mA)	= 1,5 mA/V
Pente	S ($Vg_1 = -35$ V)	< 0,002 mA/V
Résistance interne	Ri ($Ia = 4$ mA)	= 1,4 MΩ
Résistance interne	Ri ($Vg_1 = -35$ V)	> 10 MΩ
Tension de la grille de freinage	Vg_3	= 0 V

Limites fixées pour les caractéristiques

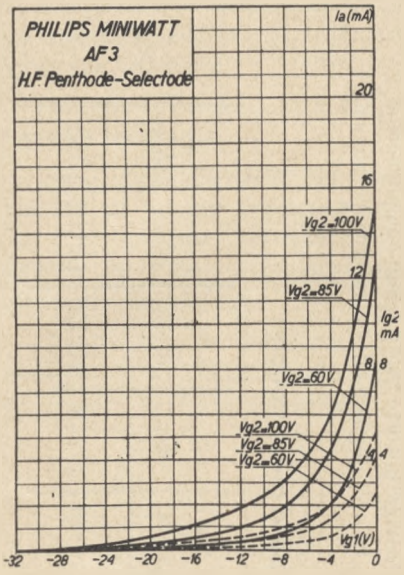
$Va_{0\,max}$	= 550 V	$Vg_{20\,max}$	= 400 V
$Va_{R\,max}$	= 250 V	$Vg_{2\,max}$	= 125 V
$Va_{L\,max}$	= 200 V	$Wg_{2\,max}$	= 0,4 W
Wa_{max}	= 2 W	$Rg_{1a\,max}$	= 2,5 MΩ
Ik_{max}	= 15 mA	Vfk_{max}	= 80 V
Vg_1 ($Ig_1 = 0{,}3\ \mu A$)	< −1,3 V	Rfk_{max}	= 20.000 Ω
Vg_3	= −30 V (pas de tension positive)		



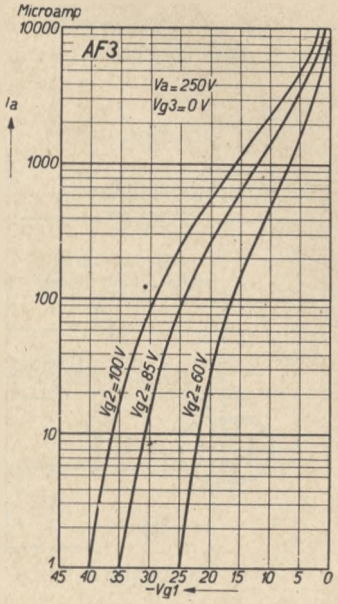




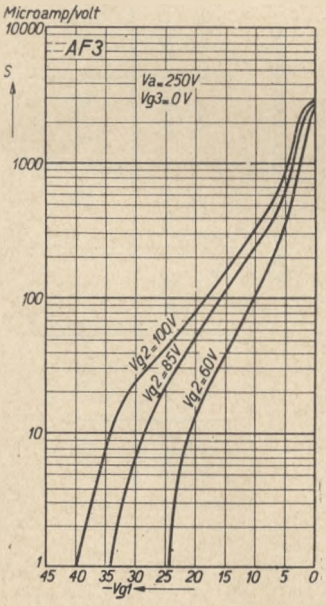
Courant plaque en fonction de la tension plaque pour différentes polarisations négatives de la grille de commande et pour différentes tensions de grille-écran



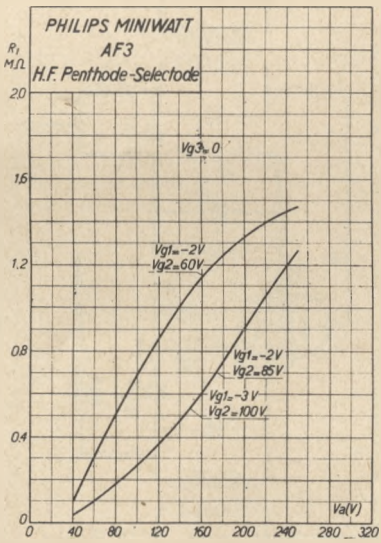
Courant plaque et courant de grille-écran en fonction de la tension de la grille de commande



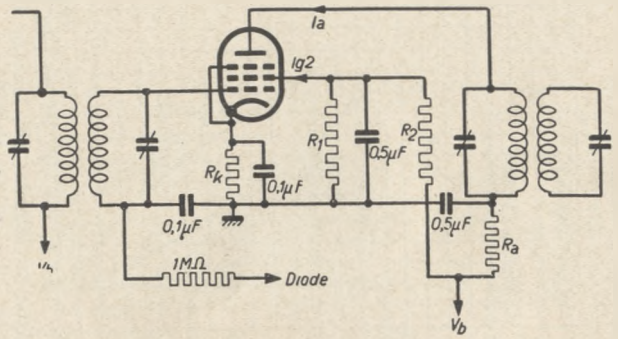
Courbes logarithmiques Ia/Vg^1



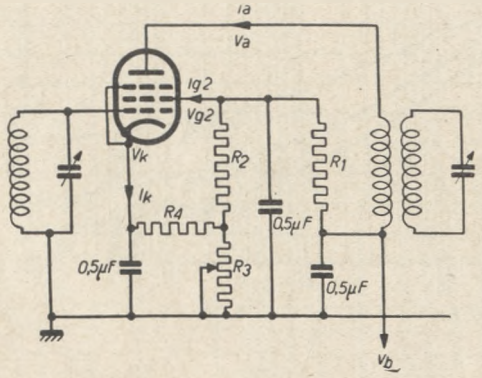
Courbes logarithmiques S/Vg^1



Résistance interne en fonction de la tension plaque pour différentes tensions de grille-écran et polarisations de la grille de commande (pour $Vg^2 = 100$ volts la polarisation doit être de — 3 volts pour éviter la surcharge de la plaque)



Montage de la AF 3 comme amplificatrice M.F. avec réglage automatique de la pente



Montage du tube AF 3 comme amplificateur H.F. avec réglage du volume sonore manuel

Valeurs du système potentiométrique d'alimentation

Va volts	Vg_2 volts	Ia mA	Ig_2 mA	Ik mA	Vk volts	Va^1 volts*	$Vg_2{}^1$ volts*	$Vg_1{}^1$ volts*	R_1 ohms	R_2 ohms	R_3 ohms	R_4 ohms
250	100	8	2,6	10,6	+3	194	112	—56	25.000	30.000	16.000	250

on adoptera une tension écran de l'ordre de 60 volts. Si l'on veut, au contraire, réduire la transmodulation, on adoptera une tension écran de 100 volts.

Le tube AF 3 peut être utilisé avec réglage de sensibilité automatique ou manuel.

Nous recommandons de fixer la tension d'écran à l'aide d'un diviseur de tension consommant au moins 5 milliampères. L'adoption d'un système à résistance série ne troublerait pas le fonctionnement du tube, mais augmenterait considérablement la marge apparente de réglage.

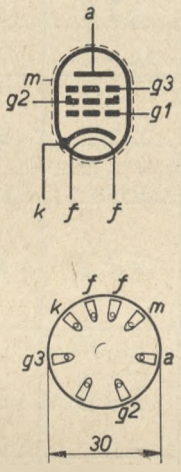
On trouvera ci-contre un schéma d'utilisation avec réglage automatique et un schéma avec réglage manuel. Dans ce dernier cas, les valeurs sont les suivantes :

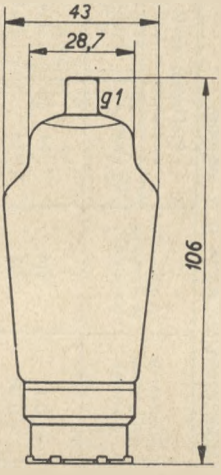
R 1 = 25.000 ohms
R 2 = 30.000 —
R 3 = 16.000 —
R 4 = 250 —

AF 7

Penthode haute fréquence

La penthode AF 7 est un tube à pente fixe qui peut convenir pour l'amplification des faibles tensions à haute, moyenne ou basse fréquence. Il permet également la détection par la grille ou par la plaque.





Enfin, il convient particulièrement bien à l'amplification des ondes courtes.

UTILISATION

AMPLIFICATION A HAUTE FREQUENCE

Cette utilisation n'offre rien de particulier. Il faudra noter que tous les circuits doivent être très soigneusement blindés et découplés par des dispositifs convenables, comportant des impédances et des capacités.

Le gain qu'on peut obtenir en ondes courtes ne dépend que de l'impédance d'utilisation ; la pente du tube demeurant aussi élevée, même pour les très hautes fréquences.

On ne peut soumettre à la grille d'entrée que des tensions atteignant au maximum 0,8 V eff.

La AF 7 comme détectrice plaque avec couplage par résistance

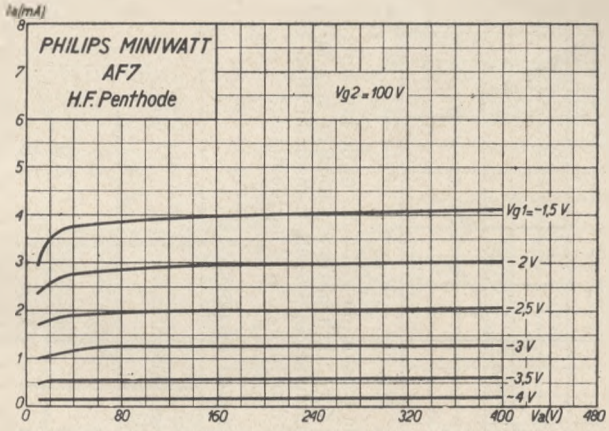
Résistance plaque extérieure $Ra = 0{,}32$ mégohm

Tension plaque Vb (volts)	Résistance cathodique Rk (ohms)	Tension de grille-écran Vg_2 (volts)	Courant plaque Ia (mA)	Courant de grille-écran Ig_2 (mA)	Amplif. de la détectrice ($m = 0{,}3$)[1]	Profondeur de la modulation $m = 0{,}3$		Profondeur de la modulation $m = 0{,}1$	
						Vo (volts $_{eff}$)[2]	Distorsion d %	Vo (volts $_{eff}$)[3]	Distorsion d %
250	10.000	100	0,30	0,11	8,4	14	5,6	14	2,6
	16.000	125	0,23	0,09	7,8	14	8,1	14	4,3
	20.000	125	0,20	0,07	7,6	14	9,4	14	5,2
200	10.000	80	0,26	0,10	8,1	14	6,2	14	3,1
	16.000	100	0,20	0,07	7,6	14	8,4	14	4,5
	20.000	100	0,17	0,06	6,7	14	8,8	14	5,6
150	10.000	70	0,25	0,10	8,2	14	6,2	14	2,5
	16.000	80	0,18	0,07	7,4	14	8	14	5
	20.000	80	0,15	0,06	7,2	14	10,6	14	6,4
100	16.000	60	0,15	0,06	8,0	14	10,6	14	3,8
	20.000	60	0,14	0,05	8,0	14	11,3	14	6,5

[1]) Pour une tension alternative de sortie $Vo = 2$ volts $_{eff}$

[2]) Les tensions de sortie B.F. maxima sont toutes supérieures à 30 volts $_{eff}$

[3]) Les tensions de sortie B.F. maxima sont plus grandes que 30 volts $_{eff}$ a l'exception du cas où la tension plaque est égale à 100 volts. La tension de sortie a dans ce cas pour $m = 0{,}1$ et pour $Rk \triangleq 16.000$ ou 20.000 ohms une valeur d'environ 17 volts $_{eff}$



Courant plaque en fonction de la tension plaque pour $Vg^2 = 100$ volts et différentes tensions négatives de la grille de commande

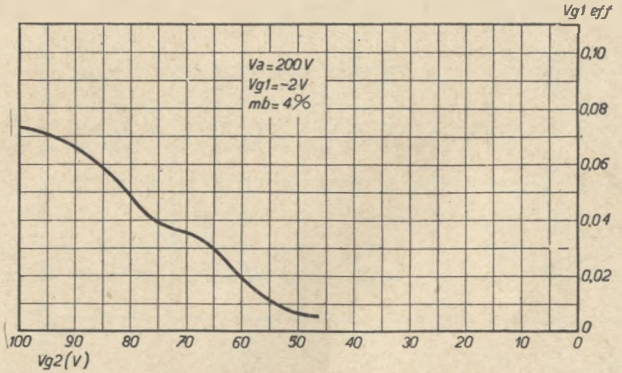
Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect par courant alternatif.

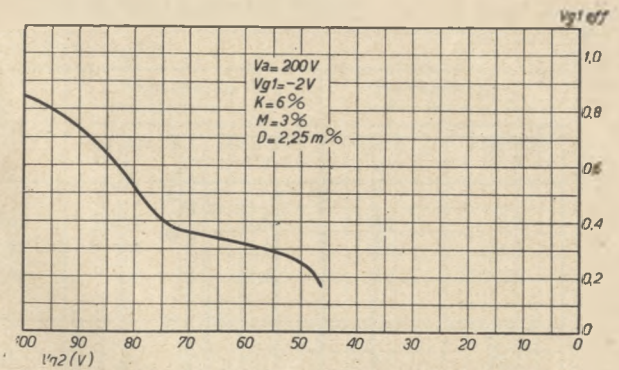
Tension de chauffage ..... Vf = 4,0 volts
Courant de chauffage ..... If = 0,65 A env.

Caractéristiques de service

Tension anodique	Va	= 250 volts
Tension de grille-écran	Vg_2	= 100 volts
Courant anodique	Ia	= 3 mA
Polarisation négative de grille	Vg_1	= —2 volts env.
Courant de grille-écran (pour $Ia = 3$ mA)	Ig_2	= 1,1 mA
Courant de grille-écran maximum	$Ig_{2\,max}$	= 1,4 mA
Courant de grille-écran minimum	$Ig_{2\,min}$	= 0,8 mA
Coefficient d'amplification	$g(k)$	= 4000
Pente maximum	S_{max}	= 2,4 mA/V
Pente normale (pour $Ia = 3$ mA)	S_{norm}	= 2,1 mA/V
Résistance interne normale (pour $Ia = 3$ mA)	Ri_{norm}	= 2,0 mégohms
Tension de la grille de freinage	Vg_3	= 0 V



Tensions alternatives maxima sur la grille de commande (efficaces) en fonction de la tension de grille-écran de la lampe AF 7. Tensions pour 4 °/₀ de ronflement de modulation, ce qui correspond à 1°/₀ d'harmonique 2.



Tensions pour 6 °/₀ de transmodulation et 2,25 *m* °/₀ de distorsion de modulation. 6 °/₀ de transmodulation correspondent à 0,5 °/₀ d'harmonique 3.

La AF 7 comme amplificatrice B.F. avec couplage par résistance

Tension plaque *Vb* (volts)	Résistance plaque *Ra* (MΩ)	Courant plaque *Ia* (mA)	Résistance de grille-écran *Rg2* (MΩ)	Courant de grille-écran *Ig2* (mA)	Résistance cathodique *Rk* (ohms)	Amplification	Distorsion pour *Vo* = 14 volts$_{eff}$ *d* (%)
250	0,32	0,52	0,8	0,2	4000	157×	1,9
200	0,32	0,41	0,8	0,16	4000	157×	2,0
250	0,2	0,9	0,4	0,38	2500	135×	1,5
200	0,2	0,7	0,4	0,30	2500	135×	1,6
250	0,1	1,4	0,25	0,55	1600	90×	<1,5
200	0,1	1,1	0,25	0,44	1600	85×	<1,5

L'application de tensions plus élevées pourrait entraîner l'apparition de ronflements ou de la distorsion.

1. DETECTION PLAQUE

La détection plaque n'est point aussi linéaire que la détection par diode. Elle convient pour la réalisation de récepteurs économi-

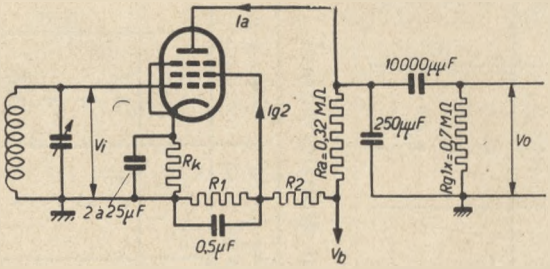


Fig. 1. — Montage de la lampe AF 7 comme détectrice plaque

ques. Les tensions fournies sont suffisantes pour attaquer une lampe de sortie puissante.

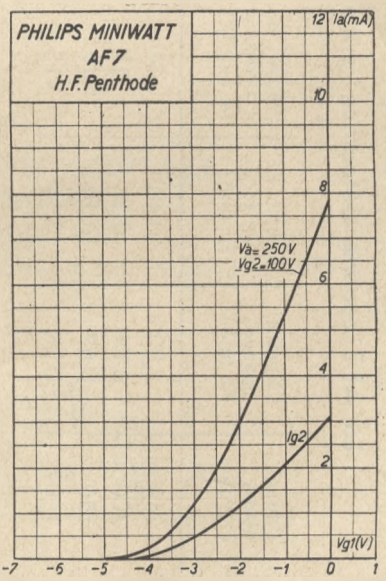
Le schéma est indiqué figure 1.

Capacités

$Cag_1 < 0{,}003$ µµF
$Cg_1 = 6{,}4$ µµF
$Ca = 7{,}6$ µµF

Limites fixées pour les caractéristiques

$Va_{o\,max} = 550$ volts
$Va_{R\,max} = 250$ volts
$Va_{L\,max} = 200$ volts
$Wa_{max} = 1$ watt
$Ik_{max} = 6$ mA
Vg_1 ($Ig_1 = 0{,}3$ µA) $<$ —1,3 volt
$Vg_{2o\,max} = 400$ volts
$Vg_{2\,max} = 125$ volts
$Wg_{2\,max} = 0{,}3$ watt
$Rg_{1a\,max} = 1{,}5$ mégohm
$Rg_{1f\,max} = 1{,}0$ mégohm
$Vfk_{max} = 50$ volts
$Rfk_{max} = 20.000$ ohms[1])



Courant plaque et courant de grille-écran en fonction de la tension à la grille de commande pour $Va = 250$ volts et $Vg^2 = 100$ volts.

La AF7 comme détectrice grille avec couplage par résistance

Tension plaque Vb (volts)	Courant plaque Ia (mA)	Courant de grille-écran Ig_2 (mA)	Amplif. de la détectrice ($m = 0{,}3$)[1]	Profondeur de la modulation $m = 0{,}3$		Profondeur de la modulation $m = 0{,}1$	
				Vo_{max} (volts$_{eff}$)	Distorsion d %	Vo_{max} (volts$_{eff}$)	Distorsion d %
250	1,00	0,40	21	15	9%	5	1,8
200	0,79	0,32	19	11	8%	4	2,5
150	0,57	0,24	17	8	9%	2,6	3
100	0,36	0,14	15	4,3	10%	1,5	4

La AF7 comme détectrice grille avec couplage par transformateur

Résistance shunt du transformateur Ra (ohms)	Tension plaque Vb (volts)	Résistance de grille-écran Rg_2 (MΩ)	Courant plaque Ia (mA)	Courant de grille-écran Ig_2 (mA)	Amplif. de la détectrice ($m = 0{,}3$)[1]	Profondeur de la modulation $m = 0{,}3$		Profondeur de la modulation $m = 0{,}1$	
						Vo (volts)	Distorsion d %	Vo (volts)	Distorsion d %
10.000	250	125.000	3,5	1,6	11,4	10	5,5	4,2	4,5
	200	80.000	3,5	1,6	11,2	10	6	4	4,5
	150	40.000	3,5	1,6	11,1	10	7	4	4,5
	100	10.000	3,5	1,6	10,7	9,6	8	3,3	5
20.000	250	125.000	3,5	1,6	16,1	14	4	7,8	5
	200	80.000	3,5	1,6	15,3	14	4	7,5	5
	150	40.000	3,5	1,6	15,1	14	4	7,0	5
	100	10.000	3,5	1,6	13,7	14	4	5,4	6,5

On trouvera dans le tableau page 90 les résultats obtenus avec différentes valeurs des constantes. Le potentiomètre qui fixe la tension de grille-écran doit consommer au moins 5 mA.

2. DETECTION GRILLE AVEC COUPLAGE PAR RESISTANCE

La tension disponible à la sortie du tube est moins élevée qu'avec la détection plaque. Par contre, la sensibilité est beaucoup plus grande, particulièrement pour les faibles tensions. Le montage se prête à l'utilisation d'une réaction variable ou fixe. La tension de grille-écran sera avantageusement obtenue à l'aide d'une simple résistance série (0,5 mégohm, par exemple).

Le schéma est indiqué figure 2.

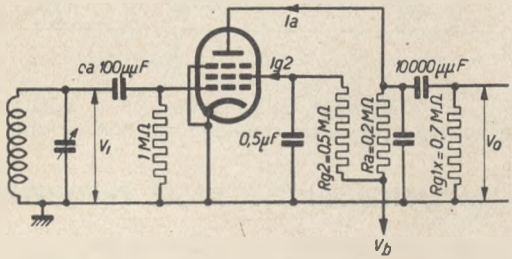


Fig. 2. — Montage de la lampe AF 7 comme detectrice grille avec couplage par résistance.

On trouvera dans le tableau page 94 les résultats obtenus avec différentes valeurs des constantes.

3. DETECTION GRILLE AVEC COUPLAGE PAR TRANSFORMATEUR

Le tableau précédent montre que, pour une tension plaque réduite, il est impossible d'obtenir directement une tension télépho-

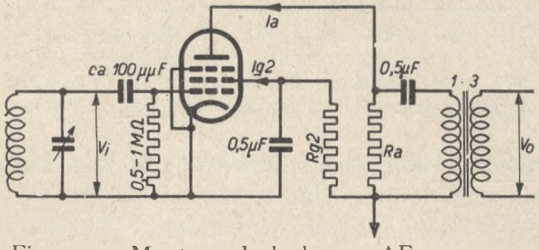


Fig. 3. — Montage de la lampe AF 7 comme détectrice grille avec couplage par transformateur 1 : 3 shunté par une résistance *Ra*.

nique suffisante pour moduler l'étage final.

On peut alors utiliser un couplage par transformateur suivant schéma fig. 3.

Le tableau page 94 donne les résultats.

4. DETECTRICE AVEC SELF DE CHOC

On peut coupler à l'étage suivant par une inductance à fer figure 4.

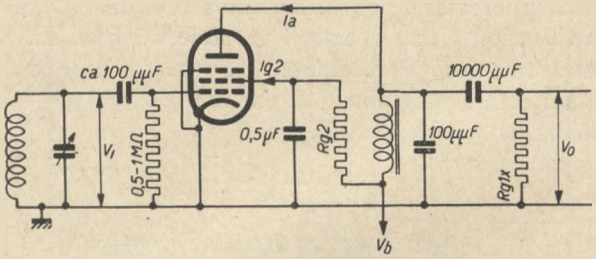


Fig. 4. — Montage de la lampe AF 7 comme détectrice grille avec couplage par self de choc

5. AMPLIFICATRICE A BASSE FREQUENCE

Enfin, le tube AF 7 peut être utilisé entre la détection diode et la lampe finale. Ainsi elle peut fournir des tensions téléphoniques suffisantes pour moduler à fond l'étage final.

Le schéma est indiqué figure 5.

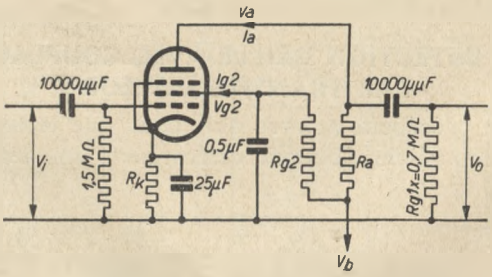


Fig. 5. — Montage de la lampe AF 7 comme amplificatrice B.F. avec couplage par résistance

La grille-écran doit être alimentée par une résistance série. Les résultats sont donnés dans le tableau page 92.

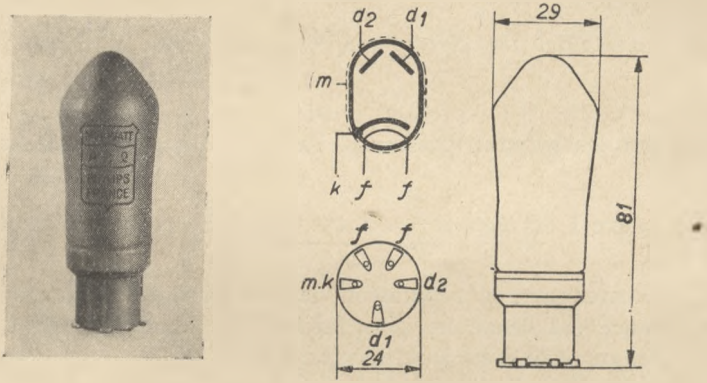
AB 2

Duodiode

La duo-diode AB 2 est un tube comportant deux éléments diode dont la cathode est commune. Cette lampe est spécialement étudiée pour permettre d'obtenir la détection linéaire.

UTILISATION

On utilise généralement une des anodes pour obtenir la détection linéaire des signaux. L'autre anode sert alors à assurer le



Duodiode simplifiée avec cathode à chauffage rapide et encombrement extrêmement réduit.

réglage automatique de sensibilité. On pourrait aussi éventuellement utiliser les deux anodes pour assurer la détection symétrique. Mais ce schéma n'offre aucun avantage sur les schémas habituels, malgré sa complication plus grande.

On peut soumettre au redressement des tensions considérables (200 volts de tension de pointe) et le courant moyen redressé peut atteindre 0,8 mA. Cela permet d'attaquer les lampes finales les plus

puissantes sans étage d'amplification interposé. Mais cela nécessite, naturellement, une amplification à haute fréquence considérable.

Les montages usuels sont indiqués fig. 1 et fig. 2.

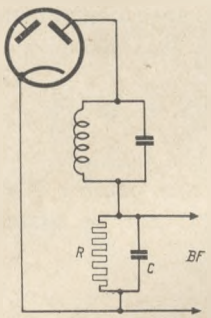


Fig. 1

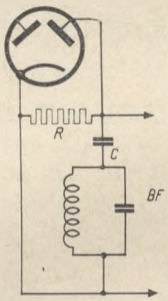


Fig. 2

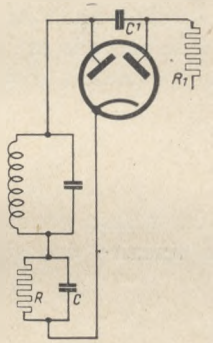


Fig. 3

Pour les signaux puissants, l'amortissement équivalent au circuit figure 1 est égal à $\frac{R}{2}$. Il est égal à $\frac{R}{3}$ pour le circuit 2.

D'autre part, la séparation des composantes à haute et basse fréquence est beaucoup plus facile avec le circuit figure 1. Tout l'avantage reste donc à ce dernier.

Pour les signaux faibles, ne permettant pas une détection linéaire, l'amortissement est beaucoup plus considérable et dépend précisément de l'amplitude du signal.

En augmentant la valeur de R on diminue l'amortissement, par contre la reproduction des fréquences acoustiques aiguës est moins bonne.

Pour le réglage automatique de sensibilité, on sera amené à combiner les schémas 1 et 2 (fig. 3) quand on voudra obtenir une commande différée. L'extrémité de la résistance R 1 sera reliée à une tension négative par rapport à la cathode; tension précisément égale à la tension de retard.

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect par courant alternatif
Tension de chauffage ..... Vf = 4,0 volts
Courant de chauffage ..... If = 0,65 A env.

Capacités

$Cd_1d_2 < 0{,}5\ \mu\mu F$
$Ckd_1 = 4{,}0\ \mu\mu F$
$Ckd_2 = 4{,}0\ \mu\mu F$

Limites fixées pour les caractéristiques

Tension maximum admissible du signal (valeur de crête) ..... Vd_{max} = 200 V
Id_{max} = 0,8 mA
Courant diode maximum admissible (par diode) ..
Tens. maximum admissible entre filament et cathode Vfk_{max} = 50 V
Résistance maximum admissible entre filament et cathode ..... Rfk_{max} = 20.000 oh

Le schéma fig. 4 est encore plus intéressant pour les raisons suivantes :

1° L'amortissement causé par la détection est réparti sur les deux enroulements du transformateur. La sélectivité apparente est plus grande.

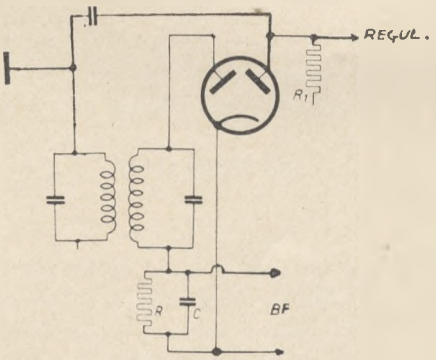


Fig. 4

2° La tension de régulation est plus importante, la tension aux bornes du primaire est naturellement plus élevée que la tension aux bornes du secondaire.

On utilisera de préférence l'anode d 2 pour la détection, alors que l'anode d 1 sera utilisée pour le réglage automatique.

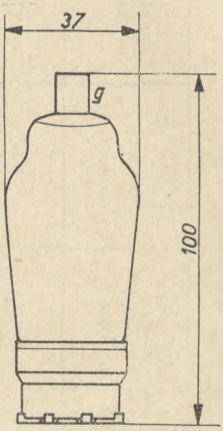
Le câblage du support de lampe sera très soigné. Il faut éviter les capacités parasites entre les anodes et le filament, ce qui pourrait amener des ronflements.

Ce tube permet d'attaquer directement une penthode quelconque (et tout spécialement la AL 3). Quand la tension HF disponible est insuffisante, on peut intercaler soit la triode AC 2, soit la penthode AF 7 entre détectrice et tube final.

AC 2

Triode

Le tube triode AC 2 a été étudié pour servir d'oscillatrice (hétérodyne modulée ou changeur de fréquence), d'amplificatrice des



courants de détection ou des courants destinés à la régulation (antifading amplifié) ou au réglage silencieux.

UTILISATION

a) **Oscillatrice.**

Le tube AC 2 permet de réaliser très facilement des oscillateurs très stables jusque sur les plus faibles longueurs d'ondes usuelles.

Nous recommandons de prévoir le circuit de telle sorte qu'une résistance d'au moins 30.000 ohms soit insérée dans le circuit de grille pour limiter le courant fournit par cette électrode.

Les différentes tensions devront être ajustées pour que le courant cathodique soit nettement inférieur à 10 mA et que la puissance dissipée par la plaque soit également inférieure à 2 watts.

On constatera le plus souvent qu'il est inutile d'atteindre des tensions anodiques élevées et qu'un fonctionnement parfaitement

La AC 2 comme amplificatrice B. F. avec couplage par résistance

Tension plaque *Vb* (volts)	Résistance plaque *Ra* (MΩ)	Courant plaque *Ia* (mA)	Résistance cathodique *Rk* (ohms)	Tension alt. de sortie *Vo* ($volts_{eff}$)	Amplification	Distorsion *d* (%)
250	0,32	0,48	8.000	14	18,5×	<1,5
200		0,35	10.000	14	17,8×	1,5
150		0,21	16.000	14	16,3×	2,4
100		0,145	16.000	10 (max)	15,0×	3,0
250	0,2	0,72	5.000	14	18,5×	1,5
200		0,48	5.000	14	17,0×	1,8
150		0,32	10.000	14	16,0×	3
100		0,17	16.000	14	15,2×	5
100		0,17	16.000	10	15,0×	4,2
250	0,1	1,25	3.200	14	18,5×	1,5
200		0,90	4.000	14	17,0×	1,9
150		0,52	6.400	14	15,9×	3,3
100		0,32	6.400	10	15,0×	4,4

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect par courant alternatif
Tension de chauffage ..... Vf = 4,0 volts
Courant de chauffage ..... If = 0,65 A env.

Capacités

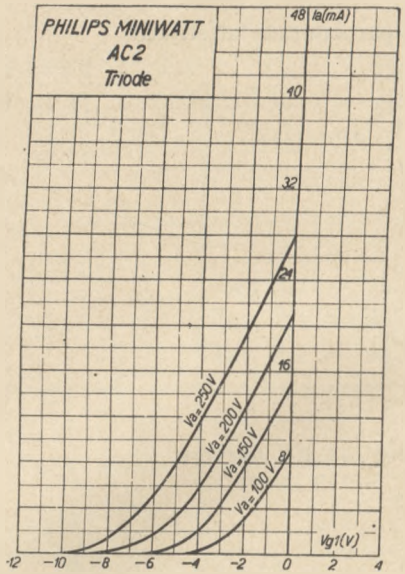
Cag = 1,7 $\mu\mu$F
Cak = 4,5 $\mu\mu$F
Cgk = 4,9 $\mu\mu$F

Caractéristiques de service

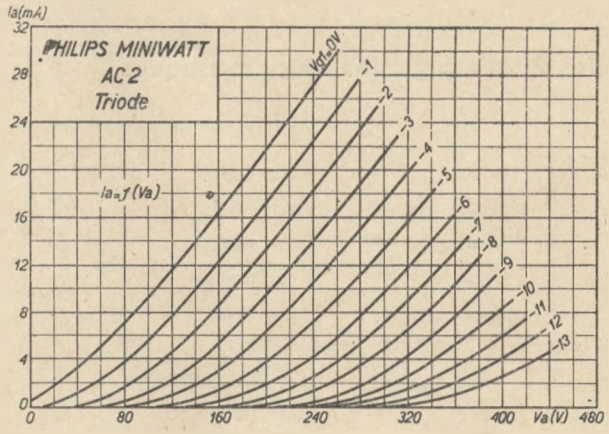
Tension plaque	Va	= 250 volts
Courant plaque	Ia	= 6 mA
Polarisation négative de la grille	Vg	= —5,5 volts
Coefficient d'amplification	$g(k)$	= 30
Pente maximum	S_{max}	= 3,5 mA/V
Pente normale (Ia = 6 mA)	S_{norm}	= 2,5 mA/V
Résistance interne (Ia = 6 mA)	Ri_{norm}	= 12.000 ohms

Limites fixées pour les caractéristiques

$Va_{o\ max}$	=	550 volts
$Va_{R\ max}$	=	250 volts
$Va_{L\ max}$	=	200 volts
$Wa_{\ max}$	=	2 watts
$Ik_{\ max}$	=	10 mA
$Vg\ (Ig$ = 0,3 μA)	<	—1,3 volt
$Rg_{a\,max}$	=	1,5 mégohm
$Rg_{f\,max}$	=	1,0 mégohm
Vfk_{max}	=	50 volts
Rfk_{max}	=	20.000 ohms[1])



Courant plaque en fonction de la polarisation négative de la grille pour différentes tensions plaques.



Courant plaque en fonction de la tension plaque pour différentes polarisations négatives de la grille

stable est obtenu avec une tension anodique de l'ordre de 50 à 60 volts.

b) **Amplificatrice de basse fréquence**

Intercalée entre un détecteur diode et une lampe de sortie, le tube AC 2 fournit à cette dernière une tension suffisante pour la moduler à fond (voir le tableau page 103).

D'autre part, on peut observer que le taux de distorsion est particulièrement faible. Cela tient à ce fait que la caractéristique utile de la triode est presque parfaitement droite.

Enfin, l'amplification en tension étant relativement faible (inférieure à 20), la diode travaille nécessairement dans les meilleures conditions pour donner une détection parfaitement linéaire. Ainsi, par cet effet secondaire, la qualité de reproduction est encore notoirement améliorée.

On peut, pour obtenir une tension plus élevée, utiliser un couplage par transformateur.

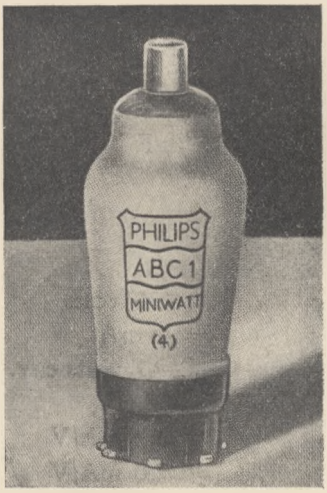
c) **Amplificatrice d'antifading**

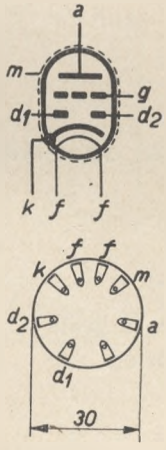
L'amplification nécessaire entre les tensions d'une diode et la régulation est toujours assez faible. C'est pourquoi la triode AC 2 se prête tout à fait bien à cet emploi. Dans cette application particulière, il faudra tenir compte des caractéristiques spéciales indiquées plus haut. En particulier, la tension entre cathode et filament doit être limitée à 50 volts et la résistance maximum insérée entre cathode et filament ne doit pas dépasser 20.000 ohms.

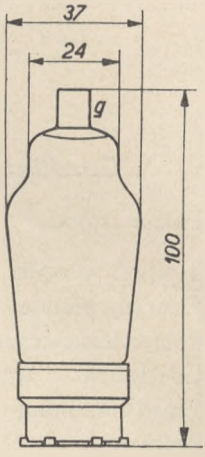
ABC 1

Duodiode-triode

Le tube duo-diode-triode ABC 1 est constitué par la combinaison d'une double-diode (analogue au tube AB 2) et d'une triode (à peu







près semblable au tube AC 2). On peut donc très sensiblement l'utiliser comme ces deux tubes.

UTILISATION

Partie diode

On utilisera de préférence le diode d 2 pour la détection, le diode d 1 servant au réglage automatique de sensibilité ou au réglage silencieux.

On pourrait éventuellement utiliser les deux anodes pour la détection symétrique bien que ce montage ne présente aucun avantage sur les schémas plus simples (ainsi que nous l'avons déjà observé à propos du tube AB 2).

Dans le cas de la détection simple, on peut connecter les deux anodes en parallèle.

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect par courant alternatif.
Tension de chauffage ..... Vf = 4 volts
Courant de chauffage ..... If = 0,65 A env.

Capacités

Partie triode:

Cag = 1,7 $\mu\mu$F
Cgk = 4,3 $\mu\mu$F
Cak = 3,1 $\mu\mu$F

Partie diode:

Ckd_1 = 2,3 $\mu\mu$F
Ckd_2 = 3,0 $\mu\mu$F
Cd_1d_2 < 0,5 $\mu\mu$F
Cgd_1 < 0,003 $\mu\mu$F
Cgd_2 < 0,003 $\mu\mu$F

Caractéristiques de service

Partie triode:

Tension plaque ..... Va = 250 volts
Courant plaque ..... Ia = 4 mA
Polarisation négative de la grille ..... Vg_1 = —7 volts env.
Coefficient d'amplification ..... $g(k)$ = 27
Pente maximum ..... S_{max} = 3,6 mA/V
Pente normale ..... S_{norm} = 2,0 mA/V
Résistance interne (pour Ia = 4 mA) ..... Ri = 13.500 ohms

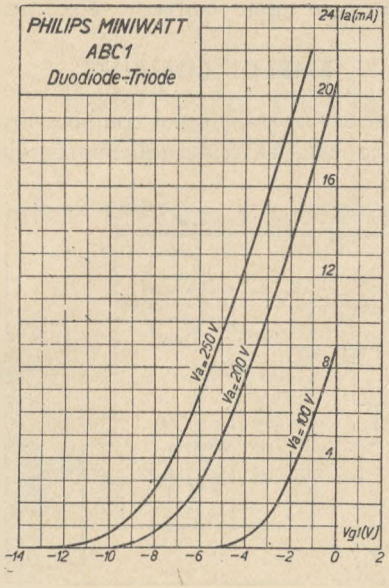
Limites fixées pour les caractéristiques

Partie triode:

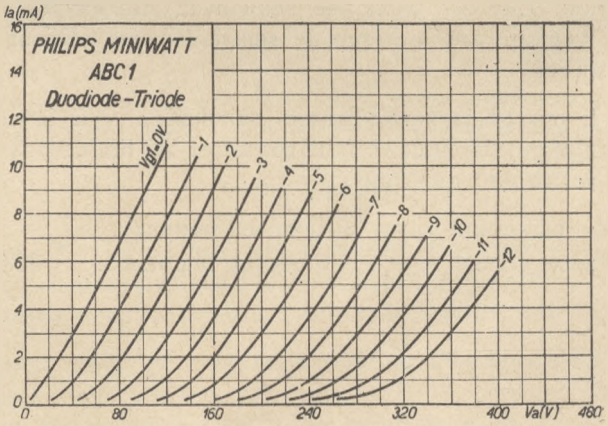
$Va_{o\ max}$ = 550 volts
$Va_{R\ max}$ = 250 volts
$Va_{L\ max}$ = 200 volts
$Wa_{\ max}$ = 1,5 watts
$Ik_{\ max}$ = 10 mA
Vg_1 (Ig_1 = 0,3 μA) < —1,3 volt
$Rg_{1a\,max}$ = 1,5 mégohms
$Rg_{1/max}$ = 1,0 mégohms
Vfk_{max} = 50 volts
Rfk_{max} = 20.000 ohms

Partie diode:

$Vd_{\ max}$ = 200 volts (tension de crête)
$Id_{\ max}$ = 0,8 mA (par anode)



Courant plaque en fonction de la polarisation négative de la grille pour differentes tensions plaques



Courant plaque en fonction de la tension plaque pour différentes polarisations négatives de la grille

Partie triode

Les caractéristiques et les applications sont les mêmes que pour la triode AC 2. Elle peut donc convenir aux mêmes applications.

EMPLOI COMBINE

Nous donnons un exemple d'emploi combiné figure 1. On remarquera que le schéma est prévu de telle sorte que la polarisation

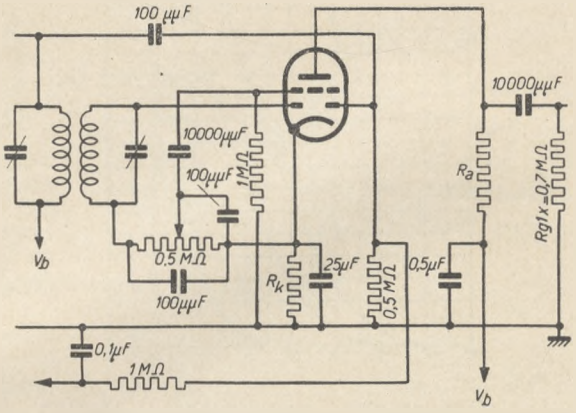


Fig. 1. — Montage de la lampe ABC 1 comme détectrice diode avec amplification BF. La deuxième diode sert au réglage automatique de volume sonore

développée aux bornes de Rk ne soit point appliquée sur l'anode de détection. Elle est appliquée seulement sur l'anode qui commande le réglage automatique de sensibilité. On obtient ainsi un réglage différé.

Dans le cas où la partie triode est utilisée pour la commande d'une régulation amplifiée, il faut respecter les limitations à propos de la triode AC 2 et qui sont :

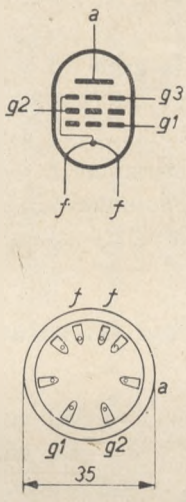
Tension maximum entre cathode et filament....	50 v.
Résistance maxim. entre cathode et filament....	20.000 v.

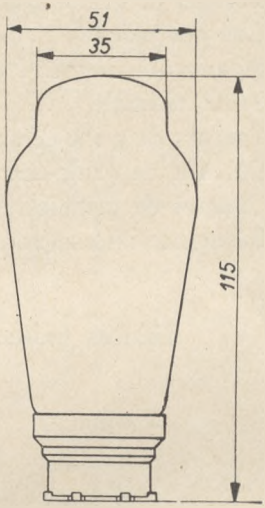
AL 1

Penthode finale

à chauffage direct

La penthode AL 1, à chauffage direct, permet, avec une tension anodique de 250 volts, d'obtenir une puissance modulée dépassant





3 watts (distorsion 6 %). Pour assurer la puissance normale de 0,5 watt modulé, il suffit d'une tension d'entrée inférieure à 1 volt.

UTILISATION

Le tube AL 1 constitue une excellente lampe de sortie classe A pour les récepteurs alimentés en courant alternatif. L'écran peut, sans inconvénient, être porté à la même tension que l'anode.

Le point milieu du transformateur de chauffage doit être relié à la masse, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une résistance qui détermine la tension de polarisation. Il importe que ce point milieu soit rigoureusement établi, sinon des ronflements pourraient se produire. On peut prendre ce point milieu sur un potentiomètre établi aux bornes de l'enroulement de chauffage. La

Caractéristiques de chauffage

Chauffage direct par courant alternatif

Tension de chauffage	Vf	= 4,0 volts
Courant de chauffage	If	= 1,1 A. env.

Caractéristiques de service

Tension plaque	Va	= 250 volts
Tension de grille-écran	Vg_2	= 250 volts
Courant plaque	Ia	= 36 mA
Polarisation négative de la grille	Vg_1	= —15 volts env.
Pente normale	S_{norm}	= 2,8 mA/V
Courant de grille-écran	Ig_2	= 6,8 mA
Courant de grille-écran maximum	$Ig_{2\,max}$	= 9 mA
Courant de grille-écran minimum	$Ig_{2\,min}$	= 4,5 mA
Résistance interne normale	Ri_{norm}	= 43.000 ohms

Limites fixées pour les caractéristiques

$Va_{o\ max}$	= 550 volts
$Va_{L\ max}$	= 300 volts
$Wa_{\ max}$	= 9 watts
$Ik_{\ max}$	= 50 mA
$Vg_{2o\,max}$	= 550 volts
$Vg_{2\ max}$	= 250 volts
$Wg_{2\ max}$	= 2,5 watts
Vg_1 (Ig_1 = 0,3 μA)	< —2 volts
$Rg_{1f\ max}$	= 0,3 mégohms
$Rg_{1a\ max}$	= 0,8 mégohms

Pour $Va = Vg_2 = 250$ volts, $Ia = 36$ mA et $Ra = 7000\ \Omega$.
Puissance de sortie pour 5% de distorsion Wo (5%) = 2,8 watts
Puissance de sortie pour 10% de distorsion Wo (10%) = 3,1 watts

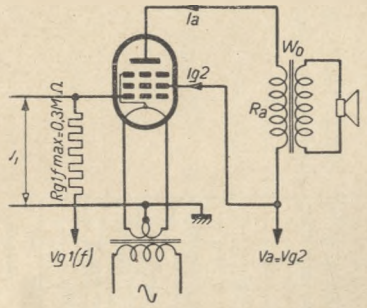
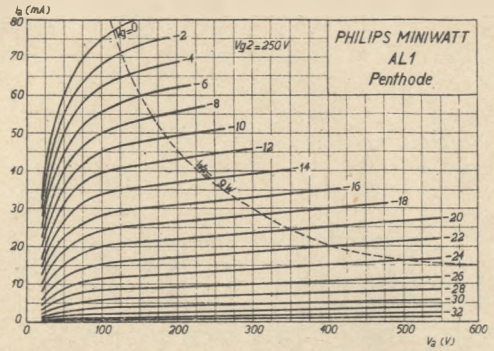


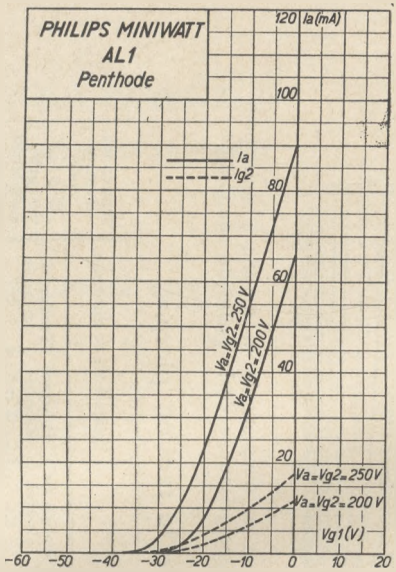
Fig. 1. — Montage du tube AL 1 comme lampe de sortie



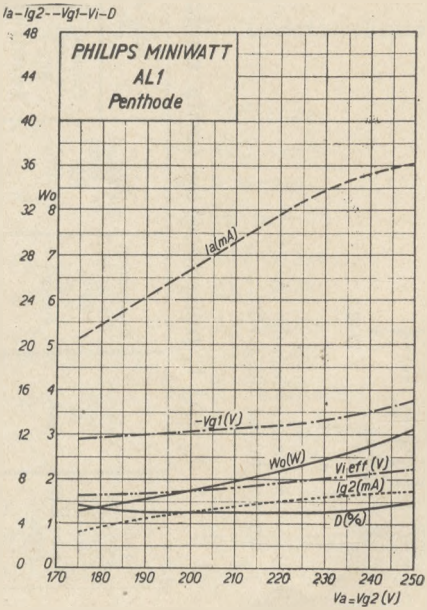
Courant plaque en fonction de la tension plaque pour différentes polarisations de la grille de commande

AL 1, puissance de sortie en fonction de la tension plaque

Tension, plaque et de grille-écran $Va = Vg_2$ (volts)	Courant plaque Ia (mA)	Polarisation nég. de la grille Vg_1 (volts)	Impédance de charge Ra (ohms)	Jusqu'au point de naissance du courant de grille			Jusqu'à 5% de distorsion		Tension alt. d'entrée pour Wo = 90 mW (sensibilité) ($volts_{eff}$)
				Puissance de sortie Wo (watts)	Distorsion d (%)	Tension alt. d'entrée Vi ($volts_{eff}$)	Puissance de sortie Wo (watts)	Tension alt. d'entrée Vi ($volts_{eff}$)	
250	36	—15,7	7000	3,1	6	9,8	2,8	8,4	0,96
225	32,5	—13,8	7000	2,3	5	8,0	2,3	8,0	0,90
200	26,5	—13,0	7500	1,75	5	7,0	1,75	7,0	1,1
175	20,5	—11,5	8500	1,3	5,7	6,4	1,23	6,0	1,13



Caractéristiques $Ia/Vg1$ de la penthode AL 1



Ia, $Ig2$, $Vg1$, Wo, Vi_{eff}, distorsion D et puissance de sortie Wo en fonction de $Va = Vg2$. La courbe pour $Ig2$ s'applique lorsqu'il n'y à pas de signal

résistance de ce potentiomètre sera choisie aussi réduite que possible (30 ohms, par exemple) ; en ajustant le point milieu, on pourra supprimer complètement tout ronflement.

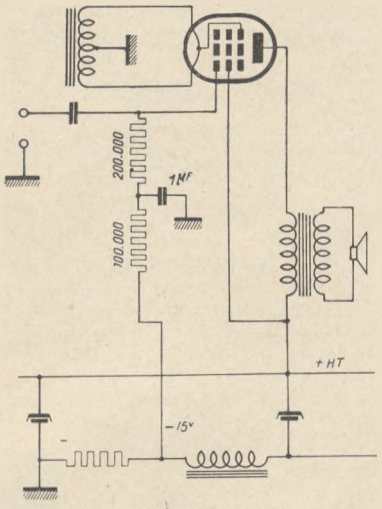


Fig. 1

La tension de polarisation peut être obtenue en plaçant une résistance convenable entre le point milieu de l'enroulement de chauffage et la masse. La valeur normale de cette résistance, pour une tension anodique de 250 volts, sera de 360 ohms environ. Cette résistance sera shuntée par un condensateur d'au moins 2 microfarads. Pour une bonne reproduction des notes basses on emploiera, de préférence, un condensateur électrochimique de 25 microfarads.

On peut aussi obtenir la polarisation en créant une chute de tension convenable sur le retour de haute tension. Ce dispositif permet d'obtenir (fig. 1) un découplage efficace et une bonne reproduction des graves sans utiliser de condensateur électrochimique.

L'impédance de charge optimum est de 7.000 ohms.

AL 2

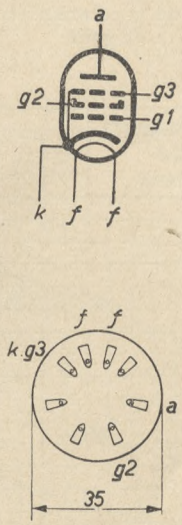
Penthode finale

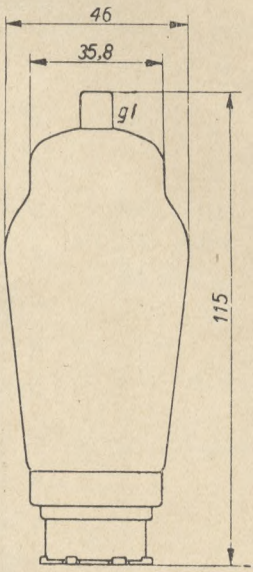
à chauffage indirect

La penthode finale AL 2 a des caractéristiques voisines de la penthode AL 1, mais elle est à chauffage indirect. Cela permet d'obtenir plus facilement un fonctionnement sans aucun ronflement.

UTILISATION

La penthode AL 2 constitue une excellente lampe finale pour les récepteurs alimentés en courant alternatif. La stabilité du fonc-

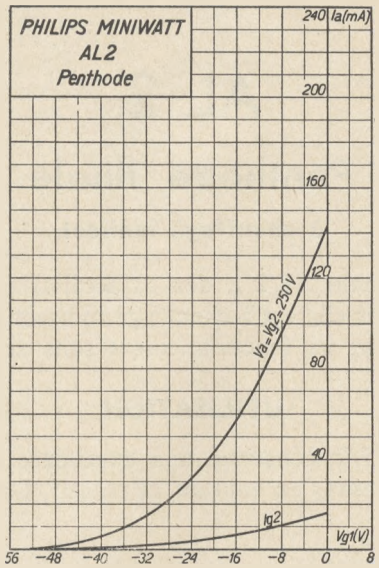




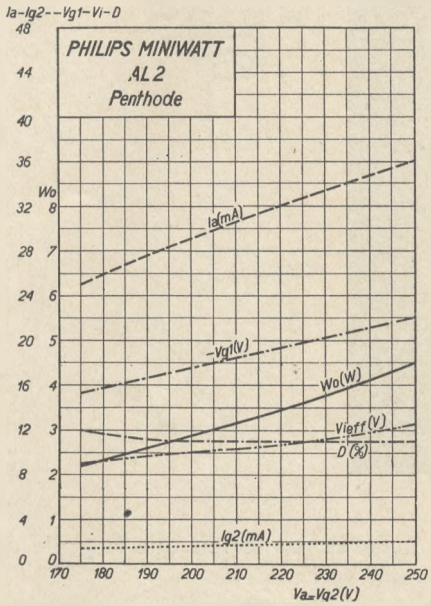
tionnement est améliorée par le fait que la grille de commande est connectée au sommet de l'ampoule.

On peut obtenir la tension de polarisation comme il a été indiqué pour le tube AL 1. La résistance à insérer dans le retour cathodique doit être de 550 ohms.

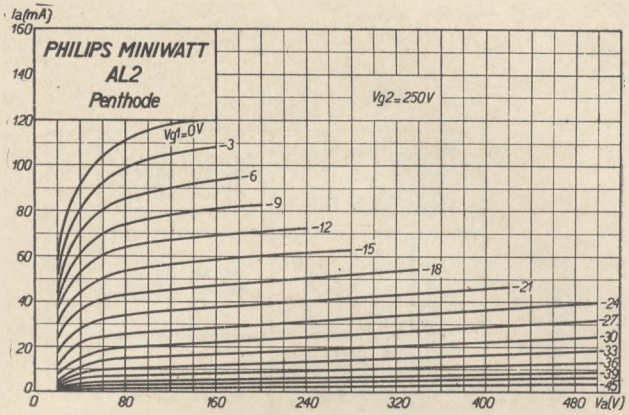
L'impédance de charge optima est de 7.000 ohms.



Courant d'anode et de grille-écran en fonction de la polarisation négative de grille



Courant d'anode et de grille-écran, tension négative de grille, puissance modulée, distorsion et tension à d'entrée en fonction des tensions d'anode et de grille-écran



Courant anodique en fonction de la tension anodique pour différentes polarisations négatives de grille

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect par courant alternatif

Tension de chauffage ..... Vf = 4,0 volts
Courant de chauffage ..... If = 1,0 A.

Caractéristiques de service

Tension plaque ..... Va = 250 volts
Tension de grille-écran ..... Vg_2 = 250 volts
Courant plaque ..... Ia = 36 mA
Polarisation négative de grille ..... Vg_1 = —25 volts
Courant de grille-écran ..... Ig_2 = 5 mA
Pente normale ..... S_{norm} = 2,6 mA/V
(à Ia = 36 mA)
Résistance interne ..... Ri = 60 000 ohms
(à Ia = 36 mA)

Limites fixées pour les caractéristiques

$Va_{o\ max}$ = 550 volts
$Va_{L\ max}$ = 250 volts
$Wa_{\ max}$ = 9 watts
$Ik_{\ max}$ = 50 mA
$Vg_{2o\ max}$ = 550 volts
$Vg_{2\ max}$ = 250 volts
Vg_1 (Ig_1 = 0,3 μA) < —1,3 volt
$Wg_{2\ max}$ = 1,5 watt
$Rg_{1a\ max}$ = 0,7 mégohm
$Rg_{1f\ max}$ = 0,3 mégohm
$Vfk_{\ max}$ = 50 volts
$Rfk_{\ max}$ = 5.000 ohms

AL 2, puissances modulées pour différentes tensions d'anode

Tensions d'anode et d'écran $Va = Vg_2$ (Volt)	Courant d'anode Ia (mA)	Impédance d'anode Ra (Ohm)	Jusqu'au point de naissance du courant de grille			Jusqu'à 10% de distortion		Jusqu'à 5% de distortion		Tension d'entrée pour Wo = 50 mW (sensibilité)
			Puissance modulée de sortie Wo Watt	Distorsion $D(\%)$	Tension d'entrée Vi ($volts_{eff}$)	Puissance modulée de sortie Wo (watts)	Tension d'entrée Vi ($volts_{eff}$)	Puissance modulée de sortie Wo (watts)	Tension d'entrée Vi ($volts_{eff}$)	
250	36	7000	4,5	11	12,6	3,85	12,0	2,2	7,1	0,95
225	32,5	7000	3,6	11	11,0	2,95	10,4	1,8	6,4	1,0
200	29,0	7000	2,9	11	9,0	2,42	9,,4	1,4	5,9	1,0
175	25,0	7000	2,2	12	10,0	1,75	8,6	1,1	5,1	1,05

Résistance dans le retour de cathode Rk = 570 ohms env.

AL 3

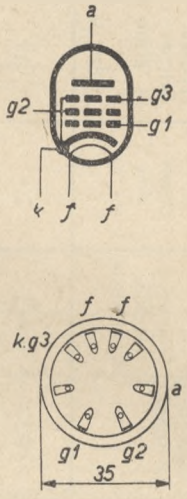
Penthode finale

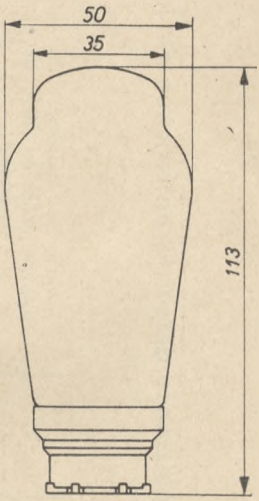
à chauffage indirect

La penthode finale AL 3 est caractérisée par une très grande sensibilité. Il faut entendre par là qu'il suffit d'une très faible tension d'entrée pour moduler à fond ce tube.

UTILISATION

La grande sensibilité du tube AL 3 rendra son emploi extrêmement précieux chaque fois qu'on disposera d'une faible tension téléphonique. Ce sera, par exemple, le cas des appareils à nombre





de lampes très réduit. On pourra, grâce à ce tube, réaliser des changeurs de fréquence à 3 tubes (AK 2, AF 7, AL 3) qui donnent cependant, même sur des stations relativement faibles, une puissance modulée de l'ordre de 3 watts.

On pourra aussi, dans la plupart des cas, supprimer l'amplificatrice intermédiaire entre le tube diode et le tube final.

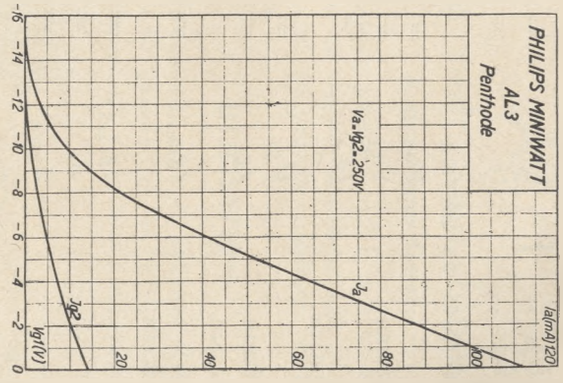
Les montages à utiliser sont les mêmes que pour les tubes AL 1 et AL 2. La résistance de polarisation à insérer dans le retour de cathode sera de 150 à 175 ohms. Le condensateur sera d'au moins 25 Mf et de préférence de 50 Mf...

L'impédance de charge optima est de 7.000 ohms.

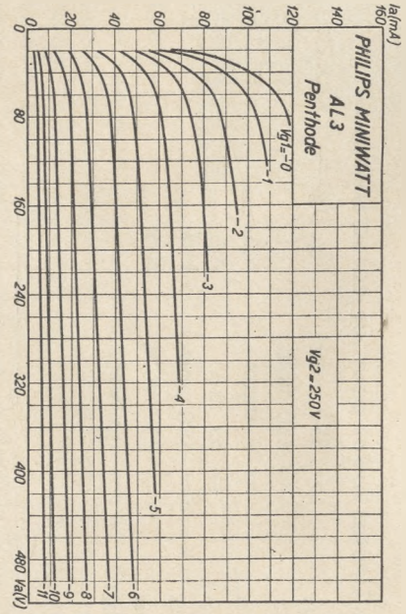
AL 3 puissance de sortie en fonction de la tension plaque

Tension plaque et de grille écran $Va = Vg_2$ (volts)	Courant plaque Ia (mA)	Impédance anodique Ra (ohms)	Jusqu'à la naissance du courant grille ou 50% de rendement.			Jusqu'à 5% de distorsion		Tension alt d'entrée pour Wo = 50 milliwatts (sensibilité) (volts$_{eff}$)
			Puissance modulée Wo (watts)	Distorsion d (%)	Tension alt. de la grille Vi (volts$_{eff}$)	Puissance modulée Wo (watts)	Tension alt. de la grille Vi (volts$_{eff}$)	
250	36	7000	4,5	10	3,5	2,9	2,5	0,28
225	32,5	7000	2,9	7,2	2,7	2,4	2,3	0,29
200	29	7000	2,1	6,0	2,3	1,8	2,1	0,30
175	25	7000	1,3	4,9	1,9	—	—	0,32

Résistance cathodique Rk = env. 150 ohms.



Caractéristiques Ia / Vg^1 et Ig^2 / Vg^1 de la penthode AL 3.



Courant plaque en fonction de la tension plaque pour différentes polarisations de la grille de commande.

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect par courant alternatif

Tension de chauffage ..	Vf	= 4,0 volts
Courant de chauffage ..	If	= env. 1,85 A

Caractéristiques de service

Tension plaque	Va	= 250 volts
Tension de grille écran..	Vg_2	= 250 volts
Courant plaque	Ia	= 36 mA
Polarisation négative de la grille	Vg_1	= —6,5 volts
Cour. de la grille-écran..	Ig_2	= 4 mA
Courant de grille-écran max.	$Ig_{2\,max}$	= 5,2 mA
Courant de grille-écran min.	$Ig_{2\,min}$	= 2,8 mA
Résistance interne	Ri	= 50.000 ohms
Pente normale	S_{norm}	= 9,5 mA/V
Impédance de charge pour 10% de distors...	$Ra\,(10\%)$	= 7000 ohms
Tension alt. de grille pour 10% de distors...	Vi_{eff}	= 3,5 $volts_{eff}$
Puissance modulée pour 10% de distorsion....	$Wo\,(10\%)$	= 4,5 watts

Limites fixées pour les caractéristiques

$Va_{o\,max}$	= 550 volts	$Vg_1\ (Ig_1 = 0{,}3\ \mu A)$	< —1,3 volt
$Va_{L\,max}$	= 250 volts		
$Wa_{\,max}$	= 9 watts	$Rg_{1a\,max}$	= 1,0 MΩ
$Ik_{\,max}$	= 55 mA	$Rg_{1f\,max}$	= 0,4 MΩ
$Vg_{2o\,max}$	= 550 volts	$Vfk_{\,max}$	= 50 volts
$Vg_{2\,max}$	= 250 volts	$Rfk_{\,max}$	= 5000 ohms
$Wg_{2\,max}$	= 1,5 watt		

AZ 1

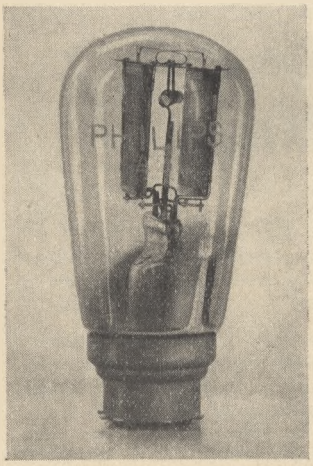
Tube redresseur biplaque

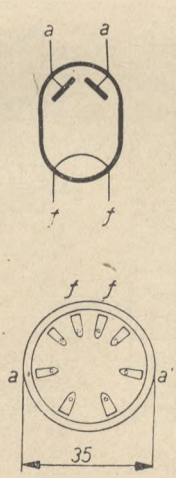
à chauffage direct

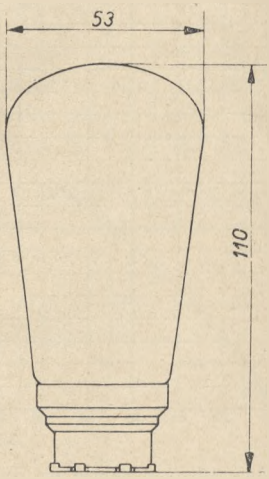
Le tube redresseur biplaque AZ 1, à chauffage direct, a été prévu pour fournir la tension anodique aux récepteurs alimentés en courant alternatif. Sa grande souplesse permet de l'adapter à tous les cas usuels.

UTILISATION

Le tube AZ 1 s'emploie selon le schéma classique. Le filtrage est assuré par des condensateurs en parallèle (voir fig. 1) et des impédances (inductance ou résistance) en série.







Il fournit une puissance largement suffisante pour assurer à la fois l'alimentation du récepteur et l'excitation du haut-parleur. L'enroulement d'excitation, s'il a des caractéristiques convenables, peut être utilisé pour le filtrage.

En disposant l'impédance de filtrage dans la branche négative de la haute tension, on peut utiliser la chute de tension produite soit pour la polarisation de certains tubes, soit pour le fonctionnement d'un contrôleur automatique de sensibilité amplifié.

Toutefois, les capacités parasites du transformateur d'alimentation peuvent, dans ce cas, amener certains ronflements.

Caracteristiques de chauffage

Chauffage direct par courant alternatif.

Tension de chauffage	Vf	= 4,0 volts
Courant de chauffage	If	= 1,1 A env.

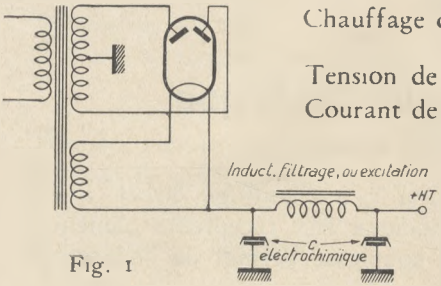
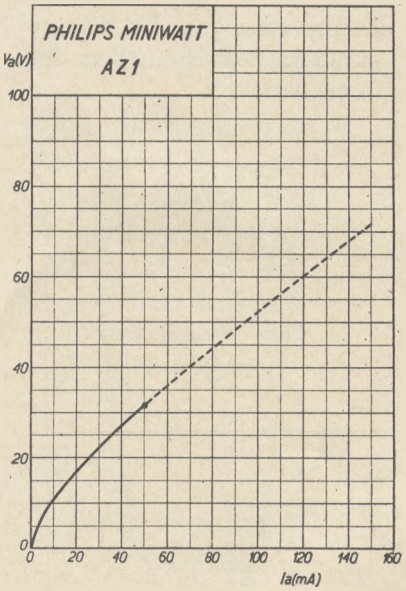
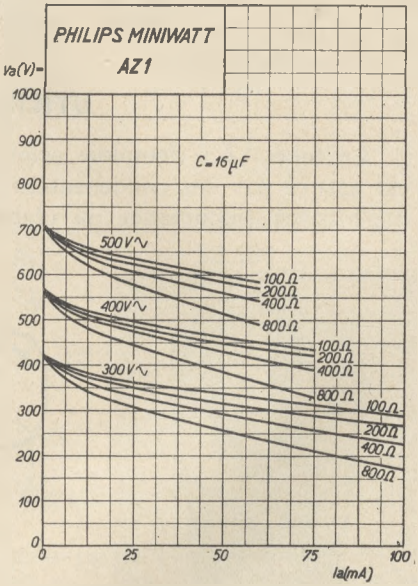


Fig. 1



Courant par anode en fonction de la tension continue appliquee.



Courbes de charge du redresseur AZ 1 pour différentes tensions au secondaire du transformateur d'alimentation et pour différentes résistances internes de celui-ci. La capacité d'entrée du filtre est égale à 16 µF. Pour un condensateur de 8 µF ces courbes sont approximatives

Limites fixées pour les caractéristiques

Tension alternative max. par anode	Va_{max}	= 2 × 500 volts
Débit max. de courant redressé	Ia_{max}	= 60 mA
Tension alternative max. par anode	Va_{max}	= 2 × 400 volts
Débit max. de courant redressé	Ia_{max}	= 75 mA
Tension alternative max. par anode ..	Va_{max}	= 2 × 300 volts
Débit max. de courant redressé	Ia_{max}	= 100 mA

SÉRIE TOUS COURANTS

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Les tubes de la série « Tous courants », caractérisés par la lettre C, ont des cathodes qui peuvent être chauffées soit avec du courant continu, soit avec du courant alternatif.

Ils sont spécialement prévus pour que leurs filaments soient branchés *en série*. Toutefois, certaines précautions — indiquées plus haut — doivent être prises dans ce branchement.

Les caractéristiques et les emplois de la plupart des tubes sont exactement semblables à ceux des tubes de la série pour courant alternatif. C'est ainsi que les caractéristiques des tubes CF 3 sont semblables et superposables aux caractéristiques du tube AF 3.

Dans les pages qui vont suivre, nous nous bornerons à citer les caractéristiques principales — pour l'utilisation et les détails de montage, on les trouvera dans les pages précédentes.

Toutefois, il faudra tenir compte de ce fait que, le plus souvent, dans les récepteurs « tous courants », la tension anodique disponible ne dépasse pas 100 volts.

TABLEAU DES TUBES
DE LA SÉRIE TOUS COURANTS

CK 1	Octode.
CF 3	Penthode HF sélectode à chauffage indirect.
CF 7	Penthode HF.
CB 2	Duodiode.
CBC 1	Duodiode triode.
CC 2	Triode.
CL 2	Penthode finale (8 watts).
CY 1	Valve de redressement (monoplaque).
CY 2	Tube redresseur biplaque.

CK 1

Octode

L'octode CK 1, destinée au changement de fréquence, a des caractéristiques qui correspondent très sensiblement (sauf pour le chauffage) à celles de l'octode AK 2.

UTILISATION

L'octode CK 1 se prête aussi bien au changement de fréquence en ondes normales qu'en ondes courtes.

Les meilleures conditions de fonctionnement correspondent à une tension efficace d'oscillation de 8,5 volts. On peut vérifier cette amplitude comme il a été indiqué pour l'octode AK 2 (Intensité de 190 microampères dans la résistance de 50.000 ohms de G 1).

La tension anodique peut atteindre 250 volts. Mais dans tous les cas, la tension appliquée sur G 3 et G 5 ne doit pas dépasser 70 volts.

La tension limite de G 2 est de 90 volts. On obtient généralement un fonctionnement satisfaisant avec une tension de 70 volts — qui peut être commune avec celle des écrans G 3 G 5, d'où simplification du montage.

De préférence, ces tensions seront empruntées à un diviseur de tension d'une consommation notable (8 à 10 mA par exemple).

Avec certains schémas d'ondes courtes, une stabilité meilleure peut être obtenue en remplaçant le diviseur de tension par des résistances — série —. Mais dans ce cas, à cause de phénomènes secondaires, certaines octodes pourront présenter de notables écarts dans leurs caractéristiques.

Les oscillatrices décrites pour le tube AK 2 conviennent parfaitement pour ce tube.

Caractéristiques usuelles

Chauffage indirect CC/CA
Tension de chauffage Vf = 13 V
Courant de chauffage If = 0,200

Cg^1 = 9,1 µµF	$Cg^1\ Cg^4$ = 0,35 µµF
Cg^4 = 8,7 µµF	$Cg^2\ Cg^4$ = 0,25 µµF
C^2 = 12,5 µµF.	Ca g^4 = 0,06 µµF
Cg^2 = 6 µµF	

Caractéristiques de service

Tension anodique	Va = 200 V
Tensions de grille auxilliaire	Vg^2 = 90 V
	$Vg^3\ Vg^5$ = 70 V
Polarisation de la grille de commande	Vg^1 = 1,5 V
Courant anodique (Vg 4 = −1,5 V)	Ia = 1,6 mA
Pente de conversion (pour Ia = 1 6 mA)	Sc = 0,6 mA/V*
Pente de conversion (pour Vg^4 = −25 V)	Sc = 0,001 mA/V
Résistance interne (pour Ia = 1,6 mA)	Ri = 1,5 mégohm
Résistance interne (pour Ug^4 = −25 V)	Ri = 10 mégohms
Amplification GC = 225**	

*Tension d'oscillateur environ 8,5 V
**Ra = 0,5 méghom

Limites fixées pour les caractéristiques

Va_o max = 400 V	Rg^4 max = 2 mégohms
VaR max = 250 V	$Vg^2{}_o$ max = 400 V
VaL max = 200 V	Vg^2 max = 90 V
Wa max = 0,5 W	Ig^2 = 2 mA
Vg (3 + 5) max = 400 V	Ig^2 min = 1,3 mA
Vg (3 + 5) max = 70 V	Ig2 max = 3 mA
Ig (3 + 5) = 3,8 mA	Wg^2 max = 0,3 W
Ig (3 + 5) min = 2,3 mA	Rg^1 max = 0,1 mégohm
Ig (3 + 5) max = 5.2 mA	IK max = 10 mA
Wg (3 + 5) max = 0,5 W	RfK max = 20.000 ohms
Vg^1 (pour Ig^4 = 0,3 µ A) = −1,3V	VfK max = 125 V

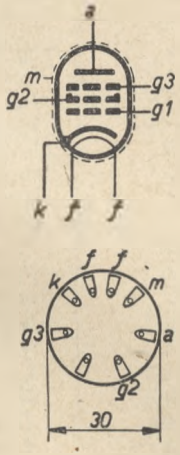
CF 3

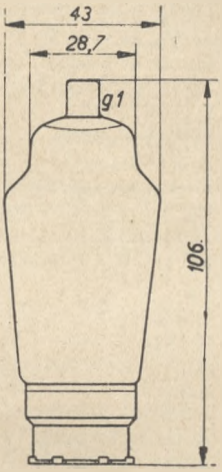
Penthode HF sélectode

à chauffage indirect

La penthode HF sélectode CF 3 est un tube à pente variable destiné à l'amplification des tensions à haute fréquence.

Il est analogue au tube AF 3 de la série pour courant alternatif.





UTILISATION

Pour les détails, se reporter aux pages concernant la sélectode AF 3.

Lorsqu'on dispose d'une tension plaque réduite (cas des récepteurs tous courants sous 110 v.), il est souvent nécessaire d'effectuer le réglage de sensibilité avec une tension de polarisation réduite (celle-ci étant, souvent, empruntée à la tension anodique). On peut obtenir ce résultat en réduisant la tension d'écran.

Mais, dans ce cas, il faut craindre les phénomènes dus à la courbure de la caractéristique (transmodulation, surmodulation, ronflements, etc...).

Le tube CF 3, comme le tube AF 3, est intéressant pour la réception des ondes courtes.

Caractéristiques de service

Va	= 200 volts
Vg_2	= 100 volts
Ia (Vg_1 = env. —3 V)	= 8 mA
Ia (Vg_1 = —55 V)	< 0,015 mA
Ig_2 (Ia = 8 mA)	= 2,6 mA
S_{max}	= 2,8 mA/V
S_{norm}	= 1,8 mA/V
S (Vg_1 = —55 V)	< 0,002 mA/V
Ri (Ia = 8 mA)	= 0,9 MΩ
Ri (Vg_1 = —55 V)	> 10 MΩ
Vg_3	= 0 volt

Va	= 200 volts
Vg_2	= 85 volts
Ia (Vg_1 = env. —2 V)	= 7,5 mA
Ia (Vg_1 = —45 V)	< 0,015 mA
Ig_2 (Ia = 7,5 mA)	= 2,3 mA
S_{norm}	= 2,1 mA/V
S (Vg_1 = —45 V)	< 0,002 mA/V
Ri (Ia = 7,5 mA)	= 0,9 MΩ
Ri (Vg_1 = —45 V)	> 10 MΩ
Vg_3	= 0 volt

Va	= 200 volts
Vg_2	= 60 volts
Ia (Vg_1 = env. —2 V)	= 4 mA
Ia (Vg_1 = —35 V)	< 0,015 mA
Ig_2 (Ia = 4 mA)	= 1,3 mA
S_{norm}	= 1,5 mA/V
S (Vg_1 = —35 V)	< 0,002 mA/V
Ri (Ia = 4 mA)	= 1,3 MΩ
Ri (Vg_1 = —35 V)	> 10 MΩ
Vg_3	= 0 volt

Va	= 100 volts
Vg_2	= 100 volts
Ia (Vg_1 = env. —3 V)	= 8 mA
Ia (Vg_1 = —55 V)	< 0,015 mA
Ig_2 (Ia = 8 mA)	= 2,6 mA
S_{max}	= 2,8 mA/V
S_{norm}	= 1,8 mA/V
S (Vg_1 = —55 V)	< 0,002 mA/V
Ri (Ia = 8 mA)	= 0,25 MΩ
Ri (Vg_1 = —55 V)	> 10 MΩ
Vg_3	= 0 volt

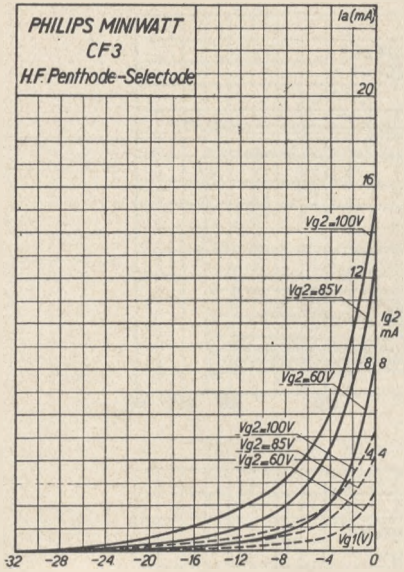
Va	= 100 volts
Vg_2	= 85 volts
Ia (Vg_1 = env. —2 V)	= 7,5 mA
Ia (Vg_1 = —45 V)	< 0,015 mA
Ig_2 (Ia = 7,5 mA)	= 2,3 mA
S_{norm}	= 2,1 mA/V
S (Vg_1 = —45 V)	< 0,002 mA/V
Ri (Ia = 7,5 mA)	= 0,25 MΩ
Ri (Vg_1 = —45 V)	> 10 MΩ
Vg_3	= 0 volt

Va	= 100 volts
Vg_2	= 60 volts
Ia (Vg_1 = env. —2 V)	= 4 mA
Ia (Vg_1 = —35 V)	< 0,015 mA
Ig_2 (Ia = 4 mA)	= 1,3 mA
S_{norm}	= 1,5 mA/V
S (Vg_1 = —35 V)	< 0,002 mA/V
Ri (Ia = 4 mA)	= 0,7 MΩ
Ri (Vg_1 = —35 V)	> 10 MΩ
Vg_3	= 0 volt

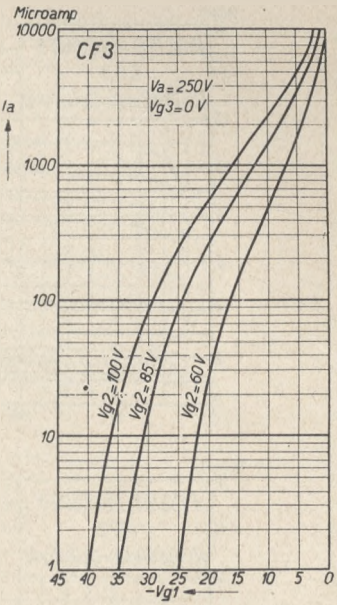
Limites fixées pour les caractéristiques

$Va_{o\ max}$	= 550 volts
$Va_{R\ max}$	= 250 volts
$Va_{L\ max}$	= 200 volts
Wa_{max}	= 2 watts
Ik_{max}	= 15 mA
Vg_1 (Ig_1 = 0,3 μA)	< —1,3 volt

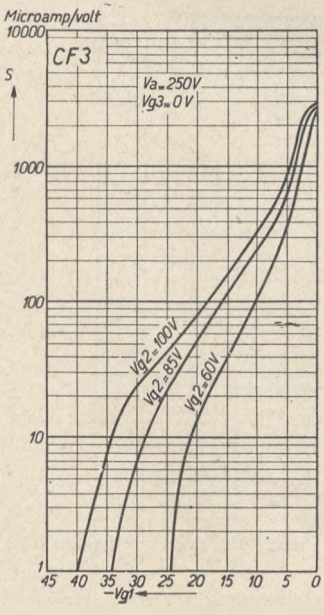
$Vg_{2o\ max}$	= 400 volts
$Vg_{2\ max}$	= 125 volts
$Wg_{2\ max}$	= 0,4 watt
$Rg_{1\ max}$	= 2,5 mégohms
Vfk_{max}	= 1,25 volts
Rfk_{max}	= 20.000 ohms
$Vg_{3\ max}$	= —30 volts (pas de tension positive)



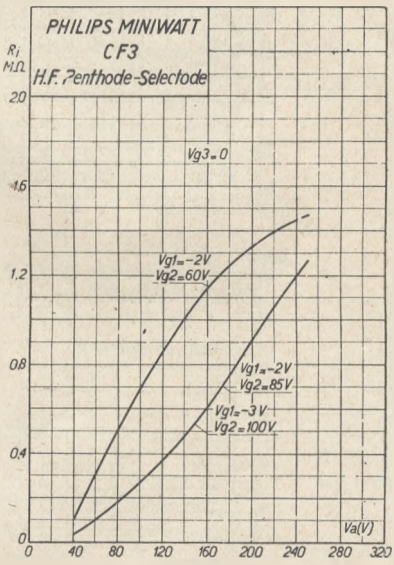
Courant plaque et courant de grille-écran en fonction de la tension de la grille de commande pour différentes tensions de grille-écran.



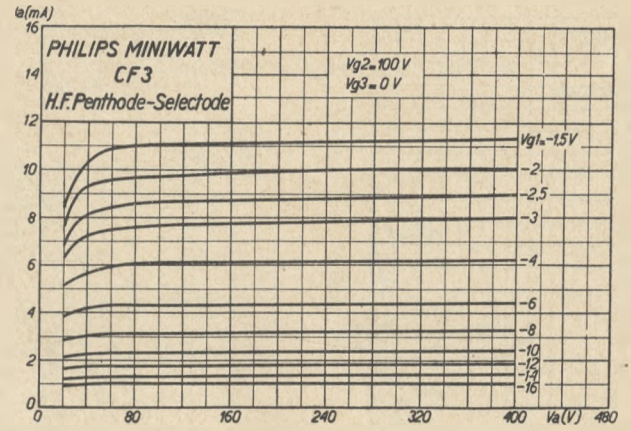
Courbes logarithmiques Ia / Vg^1

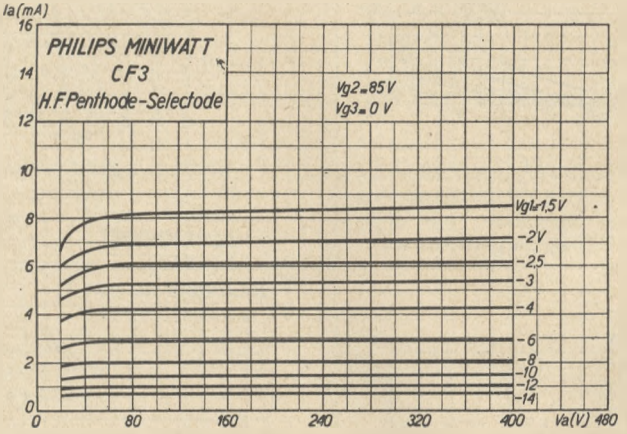


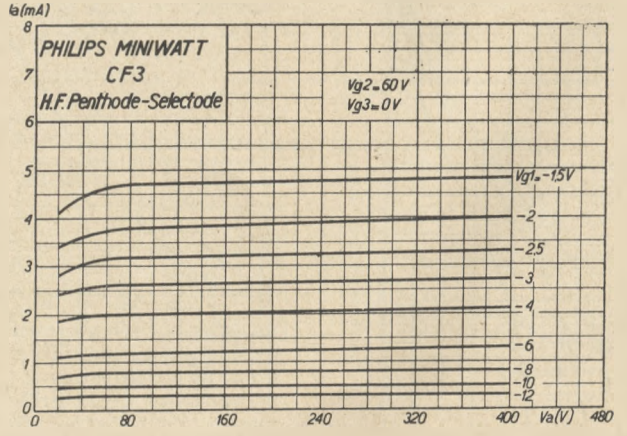
Courbes logarithmiques S / Vg^1



Résistance interne en fonction de la tension plaque pour différentes tensions de grille-écran et différentes polarisations de la grille de commande (Pour $Vg^2 = 100$ volts Vg^1 doit être égal à — 3 volts pour ne pas dépasser la puissance anodique maximum).







Courant plaque en fonction de la tension plaque pour différentes polarisations de la grille et différentes tensions de grille-écran

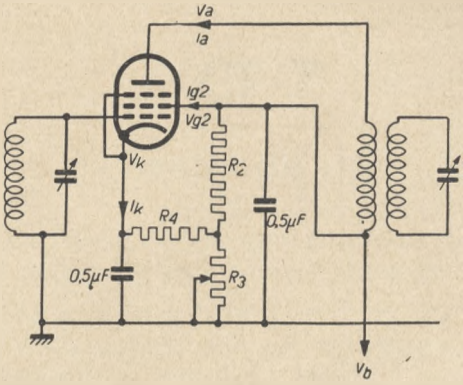


Schéma de principe du montage de la CF 3 comme amplificatrice H.F. avec réglage de sensibilité manuel pour une tension plaque réduite.

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect, continu ou alternatif, alimentation en série.

Tension de chauffage ..... Vf = 13 volts

Courant de chauffage ..... If = 0,200 A

Capacités

$Cag_1 <$ 0,003 $\mu\mu$F

$Cg_1 =$ 6,4 $\mu\mu$F

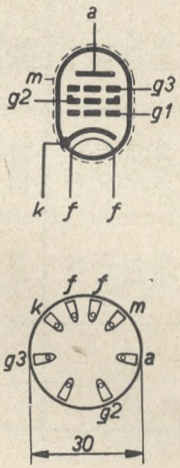
$Ca =$ 7,6 $\mu\mu$F

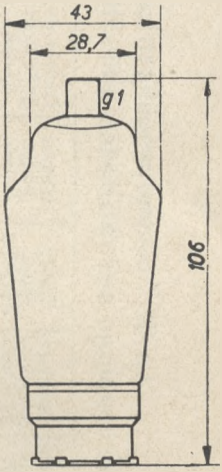
CF 7

Penthode HF

La penthode HF CF 7 a des caractéristiques identiques à celles du tube AF 7 de la série pour courant alternatif.

Elle convient donc pour l'amplification en haute, moyenne fréquence et en ondes courtes. Elle est également intéressante pour la détection grille ou la détection plaque.





UTILISATION

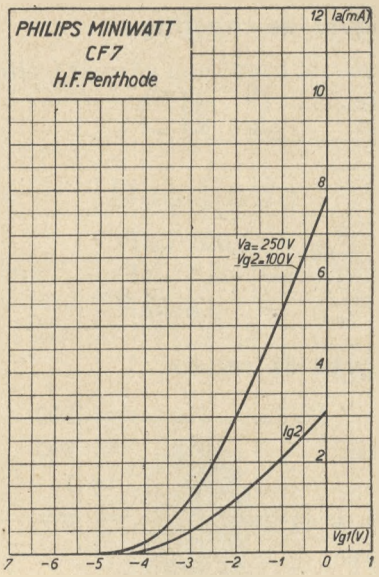
Pour toutes les utilisations, on se rapportera aux indications données pour le tube AF 7.

On tiendra compte de ce fait qu'on ne dispose souvent que d'une tension anodique réduite dans les récepteurs tous courants. On augmentera éventuellement le recul de grille en utilisant une tension d'écran relativement élevée.

D'ailleurs, nous donnons ci-dessous un tableau dans lequel on trouvera des renseignements correspondant à l'utilisation avec une tension de plaque réduite.

La CF 7 comme amplificatrice B.F.
avec couplage par résistance, utilisation universelle

Résistance plaque *Ra* (MΩ)	Résistance de grille-écran *Rg2* (MΩ)	Résistance cathodique *Rk* (ohms)	Tension plaque *Vb* (volts)	Courant plaque *Ia* (mA)	Courant de grille-écran *Ig2* (mA)	Amplification	Tension alt. de sortie *Vo* (volts)	Distorsion *d* (%)
0,32	0,5	6400	200	0,42	0,16	140	14	1,8
			150	0,33	0,14	130	14	2,6
			150	0,33	0,14	130	10	1,9
			100	0,22	0,1	115	14	2,6
			100	0,22	0,1	115	10	2,1
0,2	0,25	4000	200	0,98	0,3	130	14	1,5
			150	0,74	0,22	120	14	1,8
			150	0,74	0,22	120	10	1,3
			100	0,50	0,15	100	14	2,9
			100	0,50	0,15	100	10	2,1
0,1	0,16	2500	200	1,5	0,5	80	14	2,4
			150	1,1	0,34	75	14	3,5
			150	1,1	0,34	75	10	1,9
			100	0,76	0,22	70	14	3,8
			100	0,76	0,22	70	10	2,7



Courant plaque et courant de grille-écran en fonction de la tension de la grille de commande pour $Va = 250$ à 100 volts et $Vg^2 = 100$ volts.

Limites fixées pour les caractéristiques

Va_o max	=	550 volts
Va_R max	=	250 volts
Va_L max	=	200 volts
Wa max	=	1 watt
Ik max	=	6 mA
Vg_1 ($Ig_1 = 0{,}3$ μA)	<	—1,3 volts
Vg_{20} max	=	400 volts
Vg_2 max	=	125 volts
Wg_2 max	=	0,3 watt
Rg_{1a} max	=	1,5 mégohm
Rg_{1f} max	=	1,0 mégohm
Vfk max	=	125 volts
Rfk max	=	20.000 ohms[1])

(1) Pour une résistance cathodique plus petite que 1000 ohms, le condensateur de découplage doit avoir une valeur d'au moins 0,1 µF, pour une résistance plus élevée que cette valeur un condensateur d'au moins 1 µF.

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect, courant continu ou alternatif, alimentation en série.

Tension de chauffage ..... Vf = 13 volts

Courant de chauffage ..... If = 0.200 A

Capacités

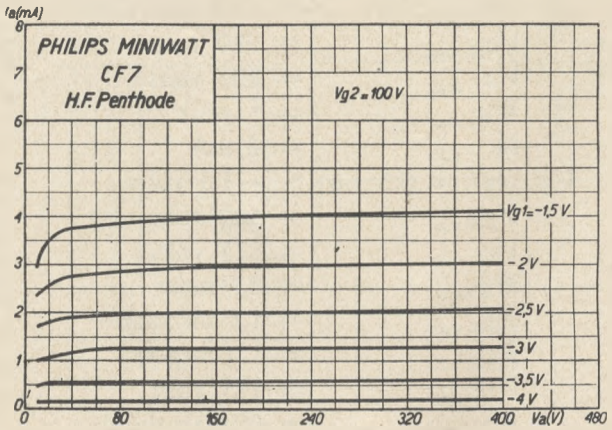
$Cag_1 < 0{,}003\ \mu\mu F$

$Cg_1 = 6{,}4\ \mu\mu F$

$Ca = 7{,}6\ \mu\mu F$

Caractéristiques de service

Tension plaque	Va	= 100	= 200 volts
Tension de grille-écran	Vg_2	= 100	= 100 volts
Courant plaque	Ia	= 3	= 3 mA
Polarisation négative de la grille	Vg_1	= env. —2	= env. —2 v
Courant de grille-écran	Ig_2		= 1,1 mA
Courant de grille-écran maxim	$Ig_{2\ max}$		= 1,4 mA
Courant de grille-écran minimum	$Ig_{2\ min}$		= 0,8 mA
Coefficient d'amplification ...	$g(k)$	= 1500	= 4000
Pente maximum	S_{max}		= 2,4 mA/V
Pente normale	S_{norm}	= 2,1	= 2,1 mA/V
Résistance interne normale	Ri_{norm}	= 0,7	= 2,0 mégoh
Tension de la grille de freinage .	Vg_3	= 0	= 0 volt



Courant plaque en fonction de la tension plaque pour différentes polarisations de la grille de commande.

CB 2

Duodiode

Le tube duo-diode CB 2 est un nouveau diode de la série « *Tous courants* » dont les caractéristiques — à l'exception du chauffage — sont identiques à celles du tube AB 2.

Les deux anodes de redressement correspondent à des plots du culot, ce qui simplifie le câblage.

UTILISATION

Tous les schémas valables pour les tubes AB 2 et CB 1 s'appliquent à cette lampe. On choisira, de préférence, l'anode d 2 pour la détection. Le plot du filament voisin d 1 d 2 sur le culot sera relié à la masse du châssis ou, tout au moins, présentera par rapport à celui-ci une tension aussi réduite que possible.

La métallisation est reliée à la cathode à l'intérieur même de l'ampoule.

Courant de chauffage

Chauffage indirect par courant alternatif ou continu, alimentation en série.
Tension de chauffage ..... Vf = 0,200 A
Courant de chauffage ..... If = 13,0 volts

Capacités

Ckd_2 < 0,5 $\mu\mu$F
Cd_1d_2 = 4,0 $\mu\mu$F
Ckd_1 = 4,0 $\mu\mu$F

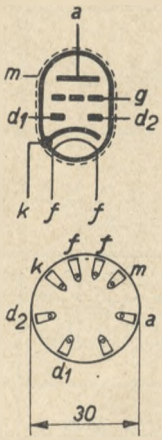
Limites fixées pour les caractéristiques

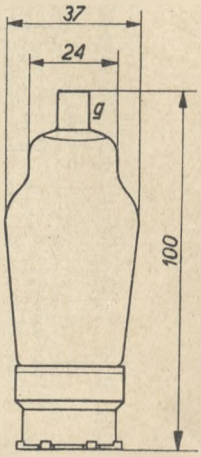
Tension maximum de signal admissible (tension de crête) ..... Vd_{max} = 200 V
Courant diode maximum admissible par anode ..... Id_{max} = 0,8 mA
Tension maximum entre filament et cathode (tension de crête) ..... Vfk_{max} = 125 V
Résistance maximum entre filament et cathode ..... Rfk_{max} =20.000 Ω

CBC 1

Duodiode-triode

La duo-diode-triode CBC 1 est la combinaison d'une double diode (comme CB 2) et d'une triode. Ses caractéristiques sont celles du tube ABC 1 dans la série « transcontinentale » pour courant alternatif. Elle permet, dans les appareils tous courants, de





n'avoir qu'une chute de tension de 13 volts, alors que l'emploi de deux tubes séparés produirait une chute de tension de 26 volts.

UTILISATION

Les schémas recommandés pour le tube ABC 1 s'appliquent sans changement.

Le schéma des connexions du chauffage devra être établi avec grand soin pour qu'il existe le minimum de tension entre le filament et la masse du châssis.

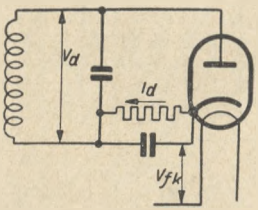


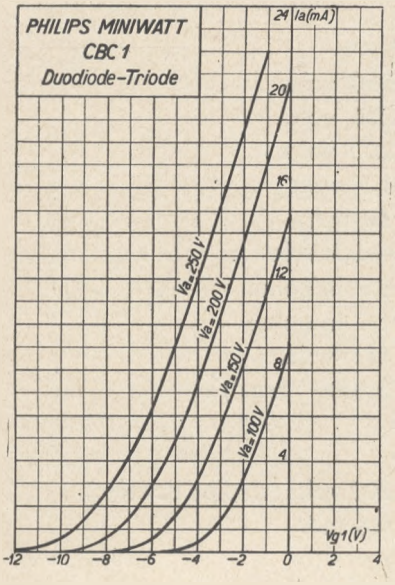
Fig. 1. — Schéma donnant la définition des valeurs de *Vd* max et *Id* max

L'anode d 2 servira, de préférence, pour la détection.

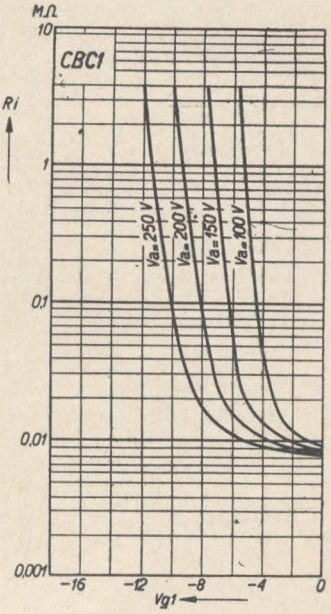
On trouvera page 144 un tableau correspondant à l'utilisation de la partie triode comme amplificatrice avec couplage par résistances :

La CBC 1 comme amplificatrice B. F, couplage par résistance.

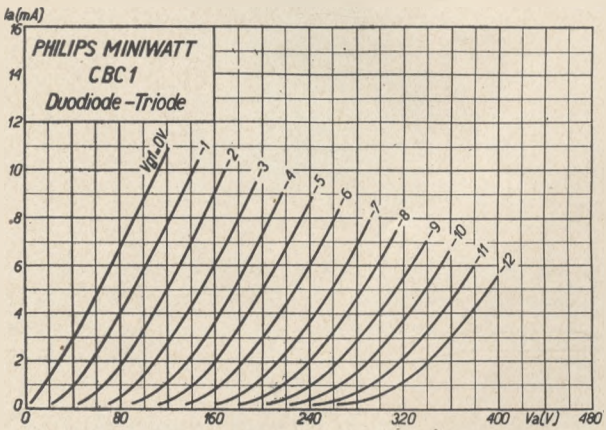
Tension plaque Vb (volts)	Courant plaque Ia (mA)	Résistance plaque Ra (MΩ)	Résistance cathodique Rk (ohms)	Polarisation neg. de la grille Vg_1 (volts)	Tension de sortie Vo (volts $_{eff}$)	Distorsion d (%)	Amplification
100	0,15	0,32	16000	—2,4	10	2,0	18×
100	0,15	0,32	16000	—2,4	14	2,9	18×
150	0,22	0,32	16000	—3,5	14	1,8	18×
200	0,29	0,32	16000	—4,7	14	< 1,4	18×
250	0,37	0,32	16000	—5,9	14	< 1,4	18×
100	0,20	0,20	12500	—2,5	10	2,3	17×
100	0,20	0,20	12500	—2,5	14	3,1	17×
150	0,30	0,20	12500	—3,75	14	2,0	18×
200	0,39	0,20	12500	—4,9	14	1,5	19×
250	0,48	0,20	12500	—6,0	14	< 1,4	19×
100	0,33	0,10	8000	—2,6	10	2,8	14×
100	0,33	0,10	8000	—2,6	14	4,2	14×
150	0,48	0,10	8000	—3,8	14	2,8	17×
200	0,64	0,10	8000	—5,1	14	2,0	17×
250	0,79	0,10	8000	—6,4	14	1,6	17×



Courant plaque en fonction de la polarisation négative de la grille pour différentes tensions plaques



Ri en fonction de Vg^1 pour diflérentes tensions plaques



Courbes *Ia/Va* de la lampe CBC 1

Limites fixées pour les caractéristiques

Partie triode:

$Va_{o\ max}$	= 550 volts
$Va_{R\ max}$	= 250 volts
$Va_{L\ max}$	= 200 volts
$Wa_{\ max}$	= 1,5 watt
$Ik_{\ max}$	= 10 mA
$Vg_{1\ max}(Ig_1 = 0{,}3\ \mu A)$	< —1,3 volt
$Rg_{1a\ max}$	= 1,5 mégohm
$Rg_{1f\ max}$	= 1,0 mégohm
$Vfk_{\ max}$	= 125 volts
$Rfk_{\ max}$	= 20.000 ohms[1])

Partie diode:

$Vd_{\ max}$	= 200 volts (tension de crête)
$Id_{\ max}$	= 0,8 mA

(1) Pour une résistance cathodique plus petite que 1000 ohms, le condensateur de découplage doit avoir une valeur d'au moins 0,1 µF, pour une résistance plus élevée que cette valeur un condensateur d'au moins 1 µF.

CC 2

Triode

La triode CC 2 a des caractéristiques identiques (sauf pour le chauffage) à celles de la triode AC 2. Elle peut être utilisée comme oscillatrice, comme amplificatrice à basse fréquence, ou de régulation, ou, encore, pour le réglage silencieux.

UTILISATION

On se reportera aux indications données pour le tube AC 2. On tiendra compte, cependant, du fait que la tension anodique disponible est souvent réduite.

Dans le cas d'amplification à basse fréquence, les connexions seront établies pour qu'il existe le minimum de tension entre le filament et la masse du châssis (on branchera donc ce tube après la diode de détection).

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect par CC/CA, alimentation en série.

Tension de chauffage ..... Vf = 13,0 volts
Courant de chauffage ..... If = 0,200 A

La CC 2 comme amplificatrice B.F., avec couplage par résistance

Tension plaque *Vb* (volts)	Résistance plaque *Ra* (MΩ)	Courant plaque *Ia* (mA)	Résistance cathodique *Rk* (ohms)	Tension alt. de sortie *Vo* (volts $_{eff}$)	Amplification	Distorsion *d* (%)
250		0,48	8.000	14	18,5×	< 1,5
200		0,35	10.000	14	17,8×	1,5
150		0,21	16.000	14	16,3×	2,4
100	0,32	0,145	16.000	10 (max)	15,0×	3,0
250		0,35	16.000	14	13,2×	1,8
200		0,28	16.000	14	12,8×	2,2
250		0,72	5.000	14	18,5×	1,5
200		0,48	5.000	14	17,0×	1,8
150		0,32	10.000	14	16,0×	3
100		0,17	16.000	14	15,2×	5
100		0,17	16.000	10	15,0×	4,2
250	0,20	0,41	16.000	14	16,0×	1,8
200		0,32	16.000	14	15,5×	2,5
150		0,24	16.000	14	15,4×	4,2
250		0,53	10.000	14	17,5×	1,5
200		0,42	10.000	14	16,7×	1,8
250		1,25	3.200	14	18,5×	1,5
200		0,90	4.000	14	17,0×	1,9
150		0,52	6.400	14	15,9×	3,3
100	0,1	0,32	6.400	10	15,0×	4,4
250		0,87	6.400	14	16,1×	2,4
200		0,70	6.400	14	16,0×	3,1

Caractéristiques de service

Tension plaque	Va	= 200	100	volts
Courant plaque	Ia	= 6	2	mA
Polarisation négative de la grille	Vg_1	= —4	—2,5	volts
Coefficient d'amplification ...	$g(k)$	= 30	30	
Pente maximum	S_{max}	= 3,5	—	mA/V
Pente normale	S_{norm}	= 2,5	1,8	mA/V
Résistance interne normale ...	Ri	= 12.000	16.000	ohms

Limites fixées pour les caractéristiques

$Va_{o\ max}$	= 550 volts
$Va_{R\ max}$	= 250 volts
$Va_{L\ max}$	= 200 volts
$Wa_{\ max}$	= 2 watts
$Ik_{\ max}$	= 10 mA
$Vg\ (Ig = 0{,}3\ \mu A)$	< —1,3 volt
$Rg_{1a\ max}$	= 1,5 mégohm
$Rg_{1f\ max}$	= 1 mégohm
$Vfk_{\ max}$	= 125 volts
$Rfk_{\ max}$	= 20.000 ohms[1])

Capacités

Cag = 1,7 $\mu\mu$F
Cak = 4,5 $\mu\mu$F
Cgk = 4,9 $\mu\mu$F

---

1) Pour une résistance cathotique plus petite que 1000 ohms, le condensateur de découplage doit avoir une valeur d'au moins 0,1 µF, pour une résistance plus élevée que cette valeur un condensateur d'au moins 1 µF.

CL 2

Penthode finale

(8 watts)

La penthode finale CL 2 constitue une excellente lampe finale pour les récepteurs tous courants. Même avec une tension anodique réduite, elle permet d'obtenir une puissance modulée très suffisante pour les besoins usuels.

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect CC/CA.
Tension de chauffage..... Vf = 20 V
Courant de chauffage..... If = 0,200 A

Capacités

Cgk = 7,0 μμ F
Cak = 4,2 F
Cag = 1,2 μμ F

Caractéristiques de service

$Va_{o\,max}$	=	400	V	$Vg_{2o\,max}$	=	400	V
$Va_{L\,max}$	=	200	V	Vg_{2max}	=	100	V
Wa_{max}	=	8	W	$Rg_{1a\,max}$	=	0,7	MΩ
Ik_{max}	=	70	mA	$Rg_{1f\,max}$	=	0,3	MΩ
Vg_{1i}	=	—1,3	mA	Vfk_{max}	=	175*)	V

*) Valeur maximum d'amplitude.

UTILISATION

Les caractéristiques du tube CL 2 sont à peu près semblables à celles du tube AL 2 — étudié plus haut. On notera que la tension anodique ne doit pas dépasser 200 volts, et que, pour des tensions supérieures à 100 volts, la tension d'écran ne doit pas dépasser 100 volts.

La grille de commande est reliée au sommet de l'ampoule, ce qui favorise l'élimination des ronflements.

Caractéristiques de service de la CL 2

Tension plaque	Va	=	100	200	200	V
Tension de grille-écran	Vg_2	=	100	75	100	V
Courant plaque	Ia	=	50	40	40	mA
Polarisation négative de grille	Vg_1	=	—15	—11	—19	V
Courant de grille-écran	Ig_2	=	8	4,5	5	mA
Coefficient d'amplification	k	=	60	70	70	
Pente max.	S_{max}	=	6	6	8	mA/V
Pente normale	$S_{norm.}$	=	3,8	3,7	3,1	mA/V
Résistance intérieure normale	$Ri_{norm.}$	=	16000	19000	23000	Ohms

Pour : Va = Vg 2 = 100 V, Ia = 50 mA

Wo 5 % : Vgeff = 6,2 V, Ra = 3.000 Ohms ... = 1,0 W

Wo 10 % : Vgeff = 9,7 V, Ra = 2.000 Ohms ... = 1,7 W

Pour : Va = 200 V, Vg 2 = 100 V, Ia = 40 mA

Wo 5 % : Vgeff = 5,4 V, Ra = 10.000 Ohms ... = 1,55 W

Wo 10 % : Vgeff = 8,8 V, Ra = 5.000 Ohms ... = 3,0 W

CY 1

Valve de redressement

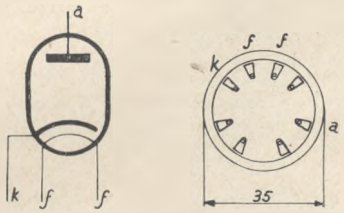
(monoplaque)

Cette valve monoplaque convient pour l'alimentation anodique des récepteurs tous courants. Sa résistance interne est suffisamment faible pour qu'on puisse la laisser en service, même lorsque le récepteur est alimenté en courant continu.

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect CC/CA.

Tension de chauffage	Vf	= 24 V
Courant de chauffage	If	= 0,200 A



Caractéristiques de service

Tension anodique	Va max.	=	250 V
Courant anodique	Ia max.	=	80 mA
Tension filament-cathode	Vfk max.	=	350 V

UTILISATION

Les schémas classiques peuvent être utilisés.

Pour éviter certaines surcharges instantanées, il est nécessaire d'insérer une résistance dans l'anode. La valeur de cette résistance est indiquée dans le tableau suivant :

Tension du réseau	Condensateur de filtrage	Résistance série
170 - 250 V	32 F	125 Ohms
	16 F	75 —
	8 F	0 —
127 - 170 V	32 F	75 Ohms
	16 F	30 —
	8 F	0 —
Max. 127 V	32 F	0 Ohm
	16 F	0 —
	8 F	0 —

CY 2

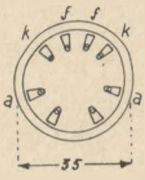
Tube redresseur biplaque

Le tube redresseur biplaque peut fournir la tension anodique aux récepteurs universels, quel que soit leur nombre de tubes. Ses deux cathodes et ses deux anodes séparées permettent de réaliser des montages doubleurs de tension.

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect CC/CA.

Tension de chauffage..... Vf = 30 V
Courant de chauffage..... If = 0,200 A



Caractéristiques de service

Tension anodique	Va max.	=	250 V
Courant anodique	Ia max.	=	120 mA
Tension filament-cathode	Vfk max.	=	350 V

UTILISATION

Lorsqu'on utilise le tube CY 2 suivant le schéma classique, on connecte les deux cathodes en parallèle.

Il faut insérer dans les anodes des résistances conformément au tableau suivant :

Tension du réseau	Condensateur de filtrage	Résistance série
170 - 250 V	32 F	125 Ohms
	16 F	75 —
	8 F	0 —
127 - 170 V	32 F	75 Ohms
	16 F	30 —
	8 F	0 —
Max. 127 V	32 F	0 Ohm
	16 F	0 —
	8 F	0 —

Nous publions ci-dessous des données relatives à l'utilisation de ce tube en *doubleur de tension* :

Va max.	=	127 V
Ia max.	=	60 mA
Vfk max.	=	350 V

TABLE DES MATIÈRES

CE QU'IL FAUT SAVOIR DES TUBES MODERNES

Le tube électronique 7
Utilisation des tubes électroniques 30
Conditions générales d'utilisation et d'installation des tubes. 63

LA SERIE TRANSCONTINENTALE

Avant-propos, Caractéristiques générales 67

Caractéristiques des tubes de la série Transcontinentale

AK 2. Octode 73
AF 3. Penthode HF sélectode à pente variable..... 81
AF 7. Penthode haute fréquence..... 89
AB 2. Duodiode 97
AC 2. Triode 101
ABC 1. Duodiode triode 107
AL 1. Penthode finale à chauffage direct..... 111
AL 2. Penthode finale à chauffage indirect..... 117
AL 3. Penthode finale à chauffage indirect..... 121
AZ 1. Tube redresseur biplaque à chauffage direct..... 125

Caractéristiques des tubes de la série Tous Courants

CK 1. Octode 129
CF 3. Penthode HF sélectode à chauffage indirect..... 131
CF 7. Penthode HF 137
CB 2. Duodiode 141
CBC 1. Duodiode triode 143
CC 2. Triode 147
CL 2. Penthode finale (8 watts)..... 151
CY 1. Valve de redressement (monoplaque)..... 153
CY 2. Tube redresseur biplaque 155

VIENT DE PARAITRE

L'ART DU DÉPANNAGE ET DE LA MISE AU POINT DES POSTES DE T. S. F.

par Lucien CHRÉTIEN

AVANT-PROPOS

Ne parle-t-on pas de « l'Art » du Médecin ? Pourquoi ne dirait-on pas l'Art du Dépanneur ?

Un appareil en panne, c'est un malade qu'il faut guérir. Entre la Médecine et le dépannage, on pourrait établir un étonnant parallèle.

Pour prétendre à la Médecine, il faut connaître à fond l'anatomie. De même, le dépanneur doit connaître tous les schémas des récepteurs qu'il prétend faire fonctionner. Dans les deux cas, il faut, d'abord, poser un diagnostic avant de songer au traitement.

Il y a une médecine empirique qui se borne à traiter le symptôme. Elle peut amener des résultats illusoires.

Vous pouvez avoir la migraine parce que votre foie est malade. L'absorption d'aspirine vous soulagera peut-être, mais n'arrangera guère votre foie. De même, il serait vain de vouloir tout simplement changer le haut-parleur d'un appareil sous prétexte qu'il est absolument silencieux.

Un appareil dont les lampes sont survoltées est comme un surmené qui consomme avec rapidité ses forces vitales. Un condensateur qui claque, c'est une artère qui éclate... Le danger est grave dans les deux cas. Rien n'est désespéré si le traitement est appliqué à temps et si le mal n'a pas lésé certains organes importants.

On peut toujours sauver un appareil en panne. On peut en dire autant d'un malade... Un appareil qui a des oscillations, c'est un malade déséquilibré. Que faut-il faire ? Là encore, ne pas vouloir traiter le symptôme, mais remonter à la cause du mal. En cherchant bien, on trouvera un estomac ou un intestin qui fonctionne mal, une glande interne dont le travail est mal fait ou, de l'autre côté, couplage parasite, un circuit déréglé, un condensateur en mauvais état.

Un appareil peu sélectif, c'est un malade qui assimile mal. Les différents organes laissent filtrer des toxines qui compromettent l'équilibre de l'ensemble.

Le sens du diagnostic n'est pas donné à tout le monde. Certains esprits de peu d'envergure pourront le posséder et des intelligences d'élite ne l'auront pas. S'il ne peut toujours s'acquérir, il peut toutefois se cultiver. Il est fait d'un tas de choses : mémoire, esprit d'observation, imagination, sens critique et... flair... Cette culture est facile : méditez sur un schéma et posez-vous des questions.

Si telle résistance doublait de valeur, que se passerait-il ? Quel effet produirait le claquage de tel condensateur ? Comment se comporterait l'appareil si tel circuit était coupé ?

Lorsque le médecin ne voit pas du premier coup de quoi souffre le malade, il entreprend un examen méthodique. Il tâte le pouls,

il mesure la tension artérielle ; il ausculte. Il a recours au besoin à des analyses et à des examens microscopiques. Il examine les organes aux rayons X : poumons, estomac, foie, intestin, etc... Aussi, il finira sans doute par dépister la maladie. Il n'est pas donné à tout le monde d'avoir du génie et de pouvoir dire après quelques secondes d'examen : « Vous avez un ulcère de l'estomac... »

On peut contester que le génie soit une « longue patience », mais il est certain qu'une longue patience peut tenir lieu de génie. Celui qui n'a pas le sens du diagnostic instantané pourra remplacer cela par un examen méthodique. Il remplacera les éclairs du génie par les indications des appareils de mesure. C'est en cela que notre travail pourra être d'un grand secours pour l'usager.

Cet ouvrage pourra guider le professionnel, comme le simple auditeur. Certaines pannes peuvent être trouvées et réparées par un auditeur sans compétence spéciale.

En suivant une méthode logique, on doit automatiquement dépister la cause du mal dans la majorité des cas. Lorsque la panne est trouvée, la réparation est généralement facile : il ne s'agit que de remplacer un organe défectueux, s'il s'agit d'une panne franche.

S'il s'agit d'un fonctionnement mauvais, c'est une question de réglage sans doute ou peut-être, plus simplement encore, une lampe fatiguée.

Dans l'Art du Dépannage, il faut distinguer s'il s'agit d'un appareil neuf qui a fonctionné normalement ou s'il s'agit d'un appareil neuf qui sort des mains du monteur. Dans le premier cas, il est évident que le nombre des pannes est limité, puisqu'il ne peut pas y avoir d'erreur de connexion.

Dans le second cas, la recherche peut être beaucoup plus laborieuse. Il se peut en effet **qu'il y ait plusieurs causes de panne,** ce qui complique beaucoup la situation. La panne peut n'être qu'apparente et être due, en réalité, à un déréglage complet de tous les circuits.

Nous examinerons successivement les deux cas. Mais, avant d'entrer dans cette étude, il faut décrire l'outillage nécessaire au dépanneur. Celui-ci peut être réduit... selon les nécessités budgétaires et d'autres circonstances. Il n'en est pas moins vrai qu'un travail de précision demande des outils de précision...

La mise au point d'un récepteur est encore une question que nous traiterons dans un chapitre spécial. Il ne faut pas confondre « **dépannage** » et « **mise au point** ».

Lorsqu'un technicien étudie un prototype nouveau, le premier problème qui se pose est d'obtenir le fonctionnement de l'appareil. Il faut d'abord que « ça marche ».

Après quoi, on cherche à améliorer le fonctionnement en agissant sur les différentes valeurs de résistances, de capacités, sur le nombre de spires des bobinages, sur les couplages entre enroulements, etc., etc.

Toutes ces questions seront traitées d'une manière aussi simple que possible. La théorie ne sera rappelée d'une façon sommaire que lorsque ce sera indispensable. Nous chercherons avant tout à donner des renseignements pratiques.

Lucien CHRETIEN.

SOMMAIRE GÉNÉRAL

Avant-Propos.

1re Partie. — L'Art du Dépannage.

Chapitre I. — Les Outils du Dépanneur.
Chapitre II. — Méthodes générales.
Chapitre III. — Les Pannes de l'Alimentation.
Chapitre IV. — Les Pannes de l'Etage final.
Chapitre V. — Les Pannes de l'Amplificateur basse fréquence.
Chapitre VI. — Les Pannes de la Détection.
Chapitre VII. — Les Pannes de l'Antifading ou du VCA.
a) Régulation simple.
b) — différée.
c) — amplifiée.
d) Lampe de silence.
Chapitre VIII. — Les Pannes de l'Amplificateur moyenne fréquence.
Chapitre IX. — Les Pannes du Changement de fréquence.
Lampes complexes (Octode-Heptode ou Triode-Hexode).
Oscillatrice séparée.
Décalage des stations.
Chapitre X. — Les Pannes de la haute fréquence.
Chapitre XI. — Les Pannes du Circuit d'accord ou du Présélecteur.
Chapitre XII. — Recherche des mauvais contacts.
Chapitre XIII. — Recherche des ronflements de secteur.

2e Partie. — L'Art de la Mise au Point.

Chapitre XIV. — Les Outils du Metteur au point.
Chapitre XV. — Devant le Châssis muet.
Chapitre XVI. — Mise au point de l'Amplificateur de basse fréquence.
Chapitre XVII. — Mise au point du Détecteur et du Régulateur.
Chapitre XVIII. — Mise au point de l'Amplificateur de moyenne fréquence.
Chapitre XIX. — Mise au point du changement de fréquence.
Chapitre XX. — Mise au point des Circuits d'accord et de haute fréquence.
Chapitre XXI. — L'Alignement des Circuits.

LIBRAIRIE CHIRON, 40, rue de Seine - PARIS-6e

Veuillez m'adresser.....exemplaires de l'ouvrage « L'ART DU DÉPANNAGE ET DE LA MISE AU POINT DES POSTES DE T.S.F. », par Lucien CHRÉTIEN au prix de 16 fr. 50 l'exemplaire que je vous adresse inclus en mandat ou chèque *ou* que je verse à votre Compte Chèque Postaux (1).

Nom .....

Adresse .....

Ville .....

Signature :

(1) **Nos Comptes de Chèques Postaux :**
PARIS 53-35
GENÈVE I-33-57
BRUXELLES 1644-60

Les Etabl. A. R. A. C., Imp., 259, Faubourg St-Martin, Paris-10e

Ouvrages Techniques sur la Radioélectricité

COURS DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ

(SECTION DE RADIOELECTRICITE)

R. MESNY. — **Radio-électricité générale.**
I. Etude des circuits et de la propagation. . . 50.—
II. Etude des émetteurs et des récepteurs. . . 70.—
III. Emissions et réceptions diverses. En préparation

P. DAVID. — **Les Parasites en T. S. F.** 7.50

P. LE CORBEILLER. — **Electro-acoustique.** Edition 1935 . 15.—

R MESNY. — **Usage des cadres et radiogoniométrie** . . . 30.—

FRANCK (Cᵗ) — **La T.S.F. et l'Aéronautique** Nouvelle Edition . 15.—

H. ARMAGNAT et Léon BRILLOUIN — **Les Mesures en haute fréquence** (1930) . . . . . 30.—

BETHENOD. — **Les alternateurs à haute fréquence** . . . 25.—

L. DRIENCOURT. — **Emploi de la T.S.F. pour la détermination des longitudes et l'unification de l'heure** . . . 7.20

A. PEROT, Professeur à l'École Polytechnique, — **Phénomènes magnétiques et électriques terrestres** . . . . . 6.—

A. PEROT, professeur à l'École Polytechnique. — **Principes d'acoustique** 9.60

P.-M. VIEILLARD. — **Les antennes de T.S.F.** 10.80
— **L'Émission en ondes amorties** . . . 10.80

L. CHRÉTIEN. — **Ondes courtes et Ondes très courtes** . . 20.—
— **La Détection en T. S. F.** . . . . . 10.—
— **L'Art du Dépannage et de la Mise au Point des Postes de T. S. F.** . . . . . 12.—

KIRILOFF. — **Théorie et Pratique des Lampes de T. S. F.** . . 15.—

KWAL. — **Les Bases physiques de la Télévision** . . . . 15.—

VELLARD — **Le Cinéma Sonore et sa Technique** . . . . 30.—

— **Tous les Techniciens de la T.S.F lisent** —

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Publication officielle de la Société des Radioélectriciens

Abonnement d'un an : France **60** fr. ; Étranger **70** fr. — **80** fr.

Spécimen franco sur demande

Étienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine, PARIS - 6ᵉ

TECHNIQUE TRANSCONTINENTALE
POUR LA RADIO EUROPÉENNE